

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS E SOFTWARE DIRIGIDOS PARA PLANEAMENTO E CONTROLO DE OBRAS DE CONSTRUÇÃO

FRANCISCO MIGUEL PEREIRA DE CARVALHO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Hipólito José Campos de Sousa

SETEMBRO DE 2018

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2017/2018

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2017/2018 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2018*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Ao meu Avô,

“ (...) Eu não quero ser original. Tão pouco quero ser comum ... ”

Alexandre O'Neill

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, apresento o meu agradecimento ao Professor Hipólito José Campos de Sousa por nunca ter desistido de mim, pela disponibilidade demonstrada na orientação desta dissertação de mestrado, por todo o acompanhamento, sugestões e incentivo nas diversas etapas.

Aos auxiliares de pesquisa, nomeadamente ao Engenheiro Pedro Moutinho, à Engenheira Beatriz Puga, e especialmente ao Arquiteto José Azevedo pela disponibilidade e interesse demonstrado para o desenvolvimento desta dissertação.

À minha família pois o seu apoio e carinho foram essenciais ao longo deste trabalho, bem como durante todo o meu percurso académico. À minha Mãe e ao meu Pai por toda a ajuda e reconhecido esforço durante esta fase final. À minha irmã, por todo o auxílio e verdadeira amizade em todos os momentos e circunstâncias.

A todos os amigos que me auxiliaram na realização desta dissertação e que contribuíram principalmente com a sua amizade e o seu carinho. Um abraço especial ao Minnemann, ao Canais e ao Miguel.

E por último, o meu maior agradecimento à minha namorada Cláudia, que apesar de longe, estiveste sempre perto, pela paciência infinita, pela ajuda constante, pelo carinho, pelos bons e maus momentos, e sobretudo pelo amor que sempre me deste. Ajudas-me todos os dias a ser uma pessoa melhor. Para mim, és um exemplo de vida a seguir. Obrigado por tudo meu amor.

A todos o meu MUITO OBRIGADO!

RESUMO

No setor da construção, a quantidade de informação gerida na obra é imensa e fundamental. Por isso deve ser de fácil compreensão e bem administrada entre todas as entidades presentes nesta. O diverso *software* atualmente disponível permite simplificar muitas atividades e pode ser um auxiliar muito eficaz na melhoria da gestão das obras designadamente no planeamento e controlo.

Apesar das diversas transformações que este setor tem comportado, o seu possível melhoramento a nível de produção tem sido alvo de estudo nos últimos anos, sendo este tema a problemática desta dissertação: os benefícios e as desvantagens na introdução de novas técnicas de planeamento através de *software* de planeamento e controlo de obras de construção.

Nesta dissertação faz-se assim uma apresentação dos diversos métodos de planeamento, mais tradicionais e inovadores, mas sobretudo dá-se uma perpectiva das ferramentas informáticas mais dirigidas para o planeamento e controlo de obras de construção.

Após a descrição e análise comparativa das técnicas e *software* de auxílio ao planeamento e controlo em obra apresentam-se dois casos de estudo, ambos obras de reabilitação na baixa portuense. Nos dois casos de estudo, as empreitadas recorreram ao *software* MS Project e ao método de Diagrama de Gantt para o planeamento e controlo em obra. Após o estudo das obras, através dos dados fornecidos pelas empresas, efetuaram-se planeamentos distintos com recurso aos *software* CCS Candy e Powerproject, ambos *software* que adotam o método de Linha de Equilíbrio, demonstrando primeiramente quais as vantagens e desvantagens entre estes *software* e posteriormente, as vantagens e desvantagens entre as duas metodologias - Diagrama de Gantt e Linha de Equilíbrio.

Para finalizar, foram expostas as principais conclusões do trabalho e propostas de continuidade e desenvolvimento para trabalhos futuros.

PALAVRAS-CHAVE: Técnicas, Software, Planeamento, Controlo, Construção

ABSTRACT

In the construction sector, the amount of information managed in the worksite is immense and fundamental. Therefore it should be easy to understand and be well administrated among all the entities present. The various software currently available make it possible to simplify many activities and can be a very effective aid in improving the management of works, particularly in planning and control, which can be greatly improved.

In spite of the several transformations that this sector has behaved, his possible improvement in the production level has been object of study in the last years, being this theme the problematic of this dissertation, the benefits and the disadvantages in the introduction of new planning techniques through software in the planning and control of construction works.

In this dissertation, a presentation of the various planning methods, more traditional and innovative, is given, but above all it gives an overview of the computer tools most directed to the planning and control of construction works.

After the description and comparative analysis of the techniques and software of aid to the planning and control in works, two cases of study are presented, both works of rehabilitation in the downtown of Porto. In both case studies, the contractors used the MS Project software and the Gantt Diagram method for on-site planning and control. After the study of the works, through the data provided by the companies, different planning was done using CCS Candy and Powerproject, both software that adopt the Line of Balance method, demonstrating firstly the advantages and disadvantages between these software and later, the advantages and disadvantages between the two methodologies - Gantt Diagram and Line of Balance.

Finally, the main conclusions of the work and proposals for continuity and development for future work were presented.

KEYWORDS: Techniques, Software, Planning, Control, Construction

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS	1
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. ENQUADRAMENTO	3
1.2. OBJETIVOS	4
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	5
2. A GESTÃO DE PROJETOS	7
2.1. ENQUADRAMENTO	7
2.2. A GESTÃO DE PROJETOS	7
2.3. O PLANEAMENTO E O CONTROLO NA GESTÃO	8
2.3.1. O PLANEAMENTO.....	8
2.3.2. O CONTROLO	9
2.4. ÁREAS INTEGRADAS NA GESTÃO	9
2.4.1. GESTÃO DE ÂMBITO.....	9
2.4.2. GESTÃO DE INTEGRAÇÃO	10
2.4.3. GESTÃO DE TEMPO	11
2.4.4. GESTÃO DE CUSTOS	11
2.4.5. GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS	13
2.4.6. GESTÃO DE QUALIDADE	13
2.4.7. GESTÃO DE COMUNICAÇÕES.....	14
2.4.8. GESTÃO DE AQUISIÇÕES	14
2.4.9. GESTÃO DE RISCOS.....	14
3. TÉCNICAS DE PLANEAMENTO E CONTROLO	17
3.1. ENQUADRAMENTO	17
3.2. TÉCNICAS CORRENTES DE PLANEAMENTO E CONTROLO	17

3.2.1. DIAGRAMA DE REDES	17
3.2.2. CPM / PERT	19
3.2.3. DIAGRAMA DE GANTT	21
3.3. TÉCNICAS INOVADORAS DE PLANEAMENTO E CONTROLO	22
3.3.1. GESTÃO DO VALOR AGREGADO	22
3.3.2. LINHA DE BALANÇO	24
4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE FERRAMENTAS INFORMÁTICAS PARA PLANEAMENTO	29
4.1. ENQUADRAMENTO	29
4.2. FERRAMENTAS INFORMÁTICAS.....	29
4.2.1. MSPROJECT	29
4.2.2. CCS CANDY	31
4.2.3. VICO OFFICE FOR TIME	32
4.2.4. NAVISWORKS.....	33
4.2.5. PRIMAVERA P6	35
4.2.6. ARQUIMEDES	36
4.2.7. POWERPROJECT	37
4.3. COMPARAÇÃO ENTRE SOFTWARE.....	38
5. APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS EM CASOS DE ESTUDO	41
5.1. INTRODUÇÃO	41
5.2. VISITAS ÀS OBRAS	41
5.3. PLANEAMENTO DAS OBRAS UTILIZANDO O MÉTODO CPM.....	42
5.4. PLANEAMENTO DAS OBRAS UTILIZANDO O MÉTODO LOB	42
5.5. CASO DE ESTUDO 1 – EDIFICAÇÃO NA RUA SÁ DA BANDEIRA	43
5.5.1. ENQUADRAMENTO.....	43
5.5.2. DESCRIÇÃO DA OBRA	45
5.5.3. ESTRATÉGIA DE ESTALEIRO E EXECUÇÃO DE OBRA.....	47
5.5.4. PLANEAMENTO DA OBRA ATRAVÉS DA TÉCNICA CPM	50
5.5.5. PLANEAMENTO DA OBRA ATRAVÉS DA TÉCNICA LOB	52
5.6. CASO DE ESTUDO 2 – EDIFICAÇÃO NA RUA ÁLMADA	55

5.6.1. ENQUANDRAMENTO	55
5.6.2. DESCRIÇÃO DA OBRA.....	57
5.6.3. ESTRATÉGIA DE ESTALEIRO E EXECUÇÃO DA OBRA	59
5.6.4. PLANEAMENTO DA OBRA ATRAVÉS DA TÉCNICA PERT/CPM	61
5.6.5. PLANEAMENTO DA OBRA ATRAVÉS DA TÉCNICA LOB.....	62
6. CONCLUSÕES	67
6.1. CONCLUSÕES	67
6.1.1. Conclusões relativamente aos Métodos CPM/PERT e LOB	67
6.1.2. Conclusões relativamente aos Software.....	69
6.2. FUTUROS DESENVOLVIMENTOS	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 – Taxa de crescimento do setor de construção (à esquerda) e dos restantes setores económicos (à direita) em diversos países nos últimos anos [1].....	4
Fig. 2 – Caracterização da Gestão de Projetos [7]	8
Fig. 3 – Exemplo de uma Estrutura Analítica de Projeto de uma Construção [26].....	10
Fig. 4 – Tipos de encadeamentos entre atividades [5]	18
Fig. 5 – Exemplo de Diagrama de redes – AOA [8]	18
Fig. 6 – Representação gráfica do CPM	19
Fig. 7 – Possível Distribuição de probabilidade β [6]	20
Fig. 8 – Representação gráfica do PERT [6]	20
Fig. 9 – Diagrama de Gantt [3]	21
Fig. 10 – Representação da curva “S” [8]	23
Fig. 11 – Relações de precedência entre e atividades [3]	25
Fig. 12 – Fluxos Ascendentes e Descendentes de construção [3]	25
Fig. 13 – Representação gráfica do LOB num projeto [16].....	26
Fig. 14 – Formas de obter o caminho crítico no LOB [5]	27
Fig. 15 – Logo do Software MSPProject [13]	29
Fig. 16 – Representação gráfica do diagrama de Gantt no MSPProject [13]	30
Fig. 17 – Logo do Software CCS Candy [14]	31
Fig. 18 – Representação de Diagrama Espaço/Tempo no CCS Candy [15].....	31
Fig. 19 – Logo do Software Vico [16]	32
Fig. 20 – Representação gráfica do LOB no VICO [17].....	32
Fig. 21 – Logo do Software Navisworks [18].....	33
Fig. 22 – Representação gráfica de Detecção de Conflitos no Navisworks [19].....	34
Fig. 23 – Representação do TimeLiner no Navisworks [18]	35
Fig. 24 – Logo do Software Primavera P6 [20]	35
Fig. 25 – Diagrama de Gantt representado no Primavera P6 [21].....	36
Fig. 26 – Logo do Software Arquimedes CYPE [22]	36
Fig. 27 – Representação do Diagrama de Gantt no Arquimedes CYPE [22]	37
Fig. 28 – Logo do Software Powerproject [23]	37
Fig. 29 – Representação da Linha de Balanço (Barra) no Powerproject [24]	38
Fig. 30 – Localização da Obra 1 (a vermelho) e acessos principais (setas) [25]	44
Fig. 31 – Proposta de Piso Recuado	44

Fig. 32 – Plantas de cada Piso e a sua Utilização da Obra Sá da Bandeira	46
Fig. 33 – Restantes Plantas de cada Piso e a sua Utilização da Obra Sá da Bandeira	47
Fig. 34 – Representação da Execução do Edifício e da Ampliação do Edifício Existente (a vermelho)	47
Fig. 35 – Planta do estaleiro da obra Sá da Bandeira na 1ª Fase	48
Fig. 36 – Estaleiro na 1ª Fase	48
Fig. 37 – Planta do estaleiro da obra Sá da Bandeira na 2ª Fase	49
Fig. 38 – Colocação de um guincho no Piso 3.....	50
Fig. 39 – Caminho crítico da Obra de Sá da Bandeira através do CPM no MSPProject.....	51
Fig. 40 – Representação LOB da Obra de Sá da Bandeira no CCS Candy.....	53
Fig. 41 - Representação LOB da Obra de Sá da Bandeira no Powerproject.....	54
Fig. 42 – Entrada do Estaleiro feito diretamente pela entrada da Loja 1	56
Fig. 43 – Representação da Ampliação do Edifício Existente (a vermelho)	56
Fig. 44 - Localização da Obra 2 (a vermelho) e acesso principal (seta).....	57
Fig. 45 – Plantas de cada Piso e a sua Utilização da Obra do Almada	58
Fig. 46 – Reforço estrutural dos Pisos (à esquerda) e da Cobertura (à direita).	59
Fig. 47 – Plantas do estaleiro da obra do Almada nas diferentes fases	60
Fig. 48 – Depósito de materiais no piso 2 junto à cobertura	60
Fig. 49 – Caminho crítico da Obra do Almada através do CPM no MSPProject.....	62
Fig. 50 - Representação LOB da Obra de Sá da Bandeira no CCS Candy.....	63
Fig. 51 - Representação LOB da Obra do Almada no Powerproject	64
Fig. 52 – Layout do Software MSPProject	69
Fig. 53 – Layout do Software CCS Candy.....	70
Fig. 54 – Layout do Software Powerproject.....	71

ÍNDICE DE TABELAS

Tab. 1 – Mapeamento das atividades das Áreas de Gestão de Projetos nas diferentes fases de uma obra	15
Tab. 2 – Tabela Comparativa das funcionalidades de software de Planeamento e Controlo	38
Tab. 3 – Parâmetros comparativos na construção da Rua Sá da Bandeira.....	45
Tab. 4 – Tipo da nova ocupação por piso na edificação da Rua Sá da Bandeira	45
Tab. 5 - Parâmetros comparativos na construção da Rua do Almada	57
Tab. 6 – Tipo de ocupação por piso na edificação da Rua do Almada	58

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

Fig – Figura

Tab – Tabela

BIM – *Building Information Modeling*

M/O – Mão de Obra

CPM – *Critical Path Method*

ES – *Early - Start*

EF – *Early - Finish*

LS – *Late - Start*

LF – *Late - Finish*

PERT – *Program Evaluation Review Technique*

PMBOK – *Project Management Body Of Knowledge*

WBS – *Work Breakdown Structure*

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

AOA – *Activity-on-Arrow*

AON – *Activity-on-Node*

FS – *Finish to Start*

SS – *Start to Start*

FF – *Finish to Finish*

SF – *Start to Finish*

LOB – *Line of Balance*

σ^2 – Variância

β – Distribuição de probabilidade

Te – Tempo esperado

DT – Duração do projeto

EVM – *Earned Value Management*

GVA – Gestão de Valor Agregado

TVA – Técnica do Valor Agregado

PV – *Planned Value*

VP – Valor Planeado

EV – *Earned Value*

VA – Valor Agregado

AC – *Actual Cost*

CR – *Custo Real*

CV – *Cost Variance*

VC – *Variação de Custo*

SV – *Schedule Variance*

VPR – *Variação de Cronograma ou Prazos*

CPI – *Cost Performance Index*

IDC – *Índice de Desempenho de Custo*

SPI – *Schedule Performance Index*

IDP – *Índice de Desempenho de Prazos*

CAD – *Computer-Aided Design*

CCS – *Construction Computer Software*

1

INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO

O setor da construção civil diferencia-se das restantes indústrias devido às características da sua produção, em que fabrica protótipos, e à complexidade e heterogeneidade do seu tecido produtivo. É uma indústria que apresenta grande relevância económica na generalidade dos países e que, embora nos últimos anos tenha sido alvo de transformações, tem dificuldade em acompanhar as indústrias mais evoluídas. A chegada do BIM e a constante inovação de *software* de auxílio à gestão de projetos de construção, podem ser oportunidades importantes para ajudar à evolução do sector que, ainda se distingue dos demais por abranger problemas de produtividade. Apesar das referidas tecnologias atualmente disponíveis é ainda recorrente o uso de métodos antiquados de gestão, com reflexos na abordagem á forma de realização de obras e à rentabilidade das empresas.

É possível reparar através da figura 1 que nos últimos anos este setor tem tido dificuldades no seu crescimento comparado às restantes indústrias, necessitando assim de uma revitalização de modo a parar esta degradação. É, pois, fundamental para uma melhoria generalizada do setor, reforçar as componentes organizativas e de gestão da cadeia produtiva para conseguir melhorias de produtividade e eficiência, sem perda de qualidade, conseguindo assim que os resultados da indústria da construção possam ser conseguidos a custos mais baixos.

Apesar de a gestão de projetos integrar diversas áreas de gestão, o planeamento é bastante relevante sendo uma parte crítica na gestão de projetos na construção.

Na sua essência, e reduzindo o problema à sua forma mais simples, o planeamento de uma obra é decompor, “à priori” a mesma num conjunto de atividades que a compõem, definindo para cada uma delas a sua duração, o encadeamento entre estas, tendo em vista tecer uma rede de precedências que permita que em simultâneo se desenvolvam um conjunto de atividades tecnologicamente possíveis e conseguindo assim que a duração do todo seja inferior à duração do conjunto das tarefas que o constituem. Mas o planeamento, que só faz sentido se acompanhado do controlo regular do seu cumprimento durante a realização, pode ser muito mais explorado na sua relação com outras componentes fundamentais da gestão como o custo, tempo, qualidade e segurança. O processo de controlo é uma das principais medidas de gestão do projeto, pois é através deste que se assegura que todas as atividades, todos os requisitos e todos os aspetos inerentes à obra são cumpridos

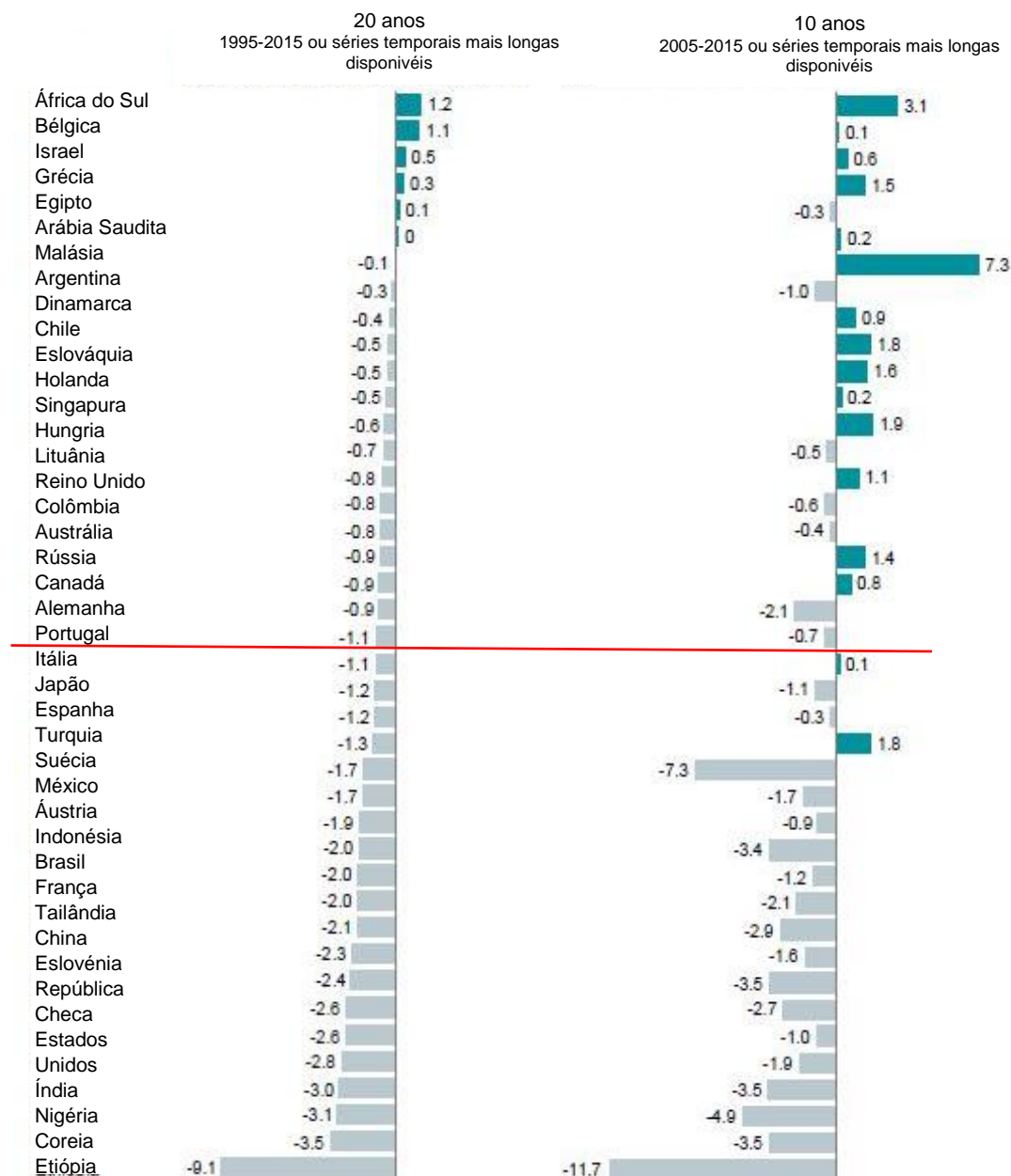


Fig. 1 – Taxa de crescimento do setor de construção (à esquerda) e dos restantes setores económicos (à direita) em diversos países nos últimos anos [1]

1.2. OBJETIVOS

Esta dissertação teve como grande objetivo estudar os proveitos da reformulação no modo como são planeadas e geridas as obras de construção através da aplicação conjunta de métodos inovadores de planeamento e *software*, sendo que os objetivos mais específicos foram os seguintes:

- contextualização do planeamento como ferramenta fundamental da gestão de projetos e obras de construção e a apresentação das técnicas habitualmente mais usadas para esse fim;
- apresentação e análise de técnicas mais inovadoras de planeamento com possibilidade de emprego na construção;
- análise de alguns software disponíveis de planeamento;

- aplicação a alguns casos de estudo das diferentes técnicas de planeamento por recurso a ferramentas informáticas e síntese comparada das suas vantagens e inconvenientes.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação foi dividida em 6 capítulos, sendo o 1º capítulo uma breve apresentação do tema e dos objetivos pretendidos na dissertação.

No capítulo 2 aborda-se a gestão de projetos, o planeamento e o controlo, sendo examinados os métodos mais recorrentes utilizados em projeto.

No capítulo 3 analisam-se as técnicas mais recentes e inovadoras desenvolvidas de apoio ao planeamento e controlo de um projeto.

No capítulo 4 faz-se um levantamento de ferramentas informáticas concebidas para a gestão de projetos.

No capítulo 5 foram analisados 2 casos de estudo, realizando posteriormente um planeamento de trabalhos distinto recorrendo a diferentes *software*.

No capítulo 6 foram tiradas as conclusões dos casos de estudo e do trabalho e efetuadas sugestões de trabalhos futuros.

2

A GESTÃO DE PROJETOS

2.1. ENQUADRAMENTO

Nestes últimos anos, a ocorrência da crise económica e financeira e a escassez de volume de trabalho levaram a que a indústria da construção tivesse uma maior preocupação com o valor associado a cada obra executada o que acabou por conduzir a um aumento da competitividade empresarial. Assim sendo, a gestão eficaz de projetos é considerado um processo que pode auxiliar a competitividade das empresas, pois garante níveis mais elevados de eficiência, qualidade e valor acrescentado de uma obra.

Neste capítulo fez-se uma abordagem à Gestão de Projetos explorando e analisando cada área integrada nesta, referindo ainda as componentes do Planeamento e do Controlo associadas à Gestão de Projetos.

2.2. A GESTÃO DE PROJETOS

De acordo com o guia PMBOK (2008), a Gestão de Projetos é a disciplina em que se aplicam conhecimentos, capacidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto, de forma a atingir-se os objetivos esperados. A Gestão de Projetos é como que uma Gestão de Processos e admite-se que qualquer Gestão de Processos engloba as seguintes fases:

- Início de trabalhos;
- Planeamento de trabalhos;
- Execução de trabalhos;
- Monitorização e Controlo de trabalhos;
- Encerramento de trabalhos.

A figura 2 retrata bem a Gestão de Projetos. O que distingue a Gestão de Projetos da Gestão de Processos é a aplicação e integração das diversas áreas da Gestão de Projetos, estando as atividades das diversas áreas representadas na tabela 1, recorrendo às variadas técnicas de Planeamento.

Cada projeto é único e depende de restrições específicas aos quais o gestor de projetos terá que ter atenção.

Gerir um projeto normalmente inclui:

- A identificação dos requisitos;
- Dar resposta às necessidades, preocupações e expectativas das partes interessadas à medida que o projeto é planeado e executado;

- Equilibrar as restrições de projeto, sendo algumas destas, o Âmbito, a Qualidade, o Planeamento, o Custo, os Recursos e os Riscos Associados.

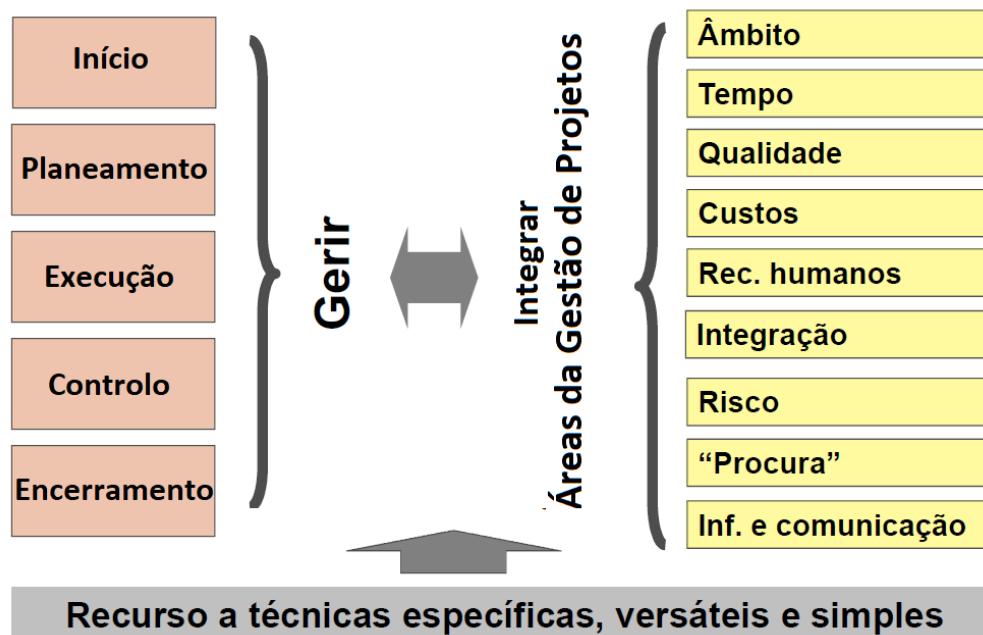


Fig. 2 – Caracterização da Gestão de Projetos

A relação entre estes fatores é tal que, se qualquer um dos fatores mudar, pelo menos um outro fator provavelmente será afetado. Por exemplo, se no projeto o tempo for reduzido, muitas vezes o orçamento precisa de ser aumentado para adicionar recursos complementares para concluir a mesma quantidade de trabalho em menos tempo. Se um aumento de orçamento não for possível, os objetivos ou a qualidade podem ser reduzidos para entregar o produto em menos tempo com o mesmo orçamento. As partes interessadas do projeto podem ter ideias diferentes sobre quais os fatores que são mais importantes, criando um desafio cada vez maior. Alterar os requisitos do projeto pode criar riscos adicionais. A equipa do projeto deve ser capaz de avaliar a situação e equilibrar as exigências para entregar um projeto bem-sucedido.

Devido ao potencial de alterações constantes, o plano de gestão do projeto é iterativo e passa por uma elaboração progressiva ao longo do ciclo de vida do projeto. A elaboração progressiva envolve melhorar e detalhar continuamente um plano, à medida que informações mais detalhadas e específicas e estimativas mais precisas se tornam disponíveis. A elaboração progressiva permite que a gestão de projeto gerencie um maior nível de detalhe à medida que o projeto evolui.

2.3. O PLANEAMENTO E O CONTROLO NA GESTÃO

2.3.1. O PLANEAMENTO

O planeamento é um trabalho permanente da gestão de uma obra, há que planear e replanear sempre que haja alterações de projeto forçando a que o orçamento também tenha de ser reformulado à medida que o projeto progride e que vão estando disponíveis detalhes que influenciam o estado de avanço da obra.

Todo o planeamento é geralmente elaborado de forma a garantir que o trabalho seja realizado com a qualidade exigida, no tempo estipulado, e de acordo com os custos orçamentados. As divergências que possam ocorrer em relação ao planeamento inicial tornaram-se bastante comuns no sector da construção, devido à natureza complexa das obras de construção e às incertezas a si associadas.

Tendo em conta que os ambientes internos e externos de um projeto de construção são sempre dinâmicos, em constante mudança e relativamente instáveis, os gestores de projeto devem preparar-se para reagir apropriadamente e compreender como as mudanças e os seus efeitos podem influenciar o desenvolvimento do projeto. As atividades devem ser definidas de modo a facilitar a divisão do trabalho e o posterior acompanhamento do seu progresso, em conformidade com os requisitos e a sequência das atividades.

Resumindo, a solução do planeamento nunca é única, apenas se procura a melhor solução possível. Sem planeamento não é possível executar o controlo na obra. Um maior esforço na fase inicial do planeamento permite acautelar problemas futuros. O planeamento deve ser interativo e dinâmico entre as diferentes partes, permitindo a definição de responsabilidades sectoriais.

2.3.2. O CONTROLO DO TEMPO

O Planeamento e o Controlo são atividades essenciais em qualquer ramo de atividade industrial. Não há controlo sem planeamento, e o planeamento sem controlo torna-se uma atividade sem sentido.

O processo de Monitorização e Controlo consiste em rastrear, rever e regular o progresso e o desempenho do projeto; identificar as áreas nas quais são necessárias alterações no plano; e iniciar as respetivas alterações. O principal benefício deste processo é que o desempenho do projeto é observado e medido consistentemente para identificar as variações deste com o plano inicial do projeto. No processo de monitorização e controlo são monitorizadas as atividades em andamento em relação ao projeto, são controladas as mudanças e recomendadas ações preventivas em antecipação a possíveis problemas.

A monitorização contínua fornece à equipa do projeto uma visão do estado atual do projeto e identifica todas as áreas que requerem atenção adicional. O Controlo não monitoriza apenas o trabalho que está a ser feito na fase de execução da obra, mas sim todo o ciclo do projeto.

Uma das formas de controlar com maior eficiência é registando e analisando as informações provenientes de projetos anteriores. Os registos de cada projeto, bem ou malsucedido, devem ser mantidos para posteriormente se identificar as melhores e as piores práticas da empresa. A gestão pode ser melhorada através da partilha de experiências entre engenheiros, ajudando assim a evitar erros ocorridos em projetos anteriores.

No método tradicional de controlo de projetos, os principais objetos de controlo são o tempo e os recursos. Entenda-se por recursos a mão-de-obra, os materiais e o equipamento. Estes são utilizados com base no planeamento e controlados através de sistemas de controlo de custos, cujo objetivo é a produtividade, ou seja, a utilização eficaz dos recursos.

2.4. ÁREAS INTEGRADAS NA GESTÃO

2.4.1. GESTÃO DE ÂMBITO

A gestão de âmbito de um projeto abrange todos os processos necessários para garantir que o projeto inclua todo o trabalho necessário e apenas o trabalho necessário para concluir o projeto com êxito. A

principal preocupação da gestão do âmbito é a definição e o controlo do que está e não está incluído no projeto. Os métodos envolvidos nesta gestão são:

- Reunir Requisitos – o processo de definir e documentar as necessidades das partes interessadas para atender aos objetivos do projeto;
- Definir Objetivos – o processo de desenvolver uma descrição detalhada do projeto e do produto;
- Criação do Estrutura Analítica de Projeto (EAP) – o processo de subdividir as entregas do projeto e o trabalho do projeto em componentes menores e mais fáceis de manusear, exemplo visível na figura 3. Estruturalmente o nível mais alto da EAP corresponde ao projeto por inteiro e depois formam-se outros níveis constituídos por sub-níveis até que se chegue ao nível da atividade;
- Verificar os Objetivos - o processo de formalizar a aceitação das partes do projeto concluídas.
- Controlar os Objetivos – o processo de monitorizar o estado dos objetivos do projeto e do produto e a gestão de mudanças da linha de base dos objetivos.

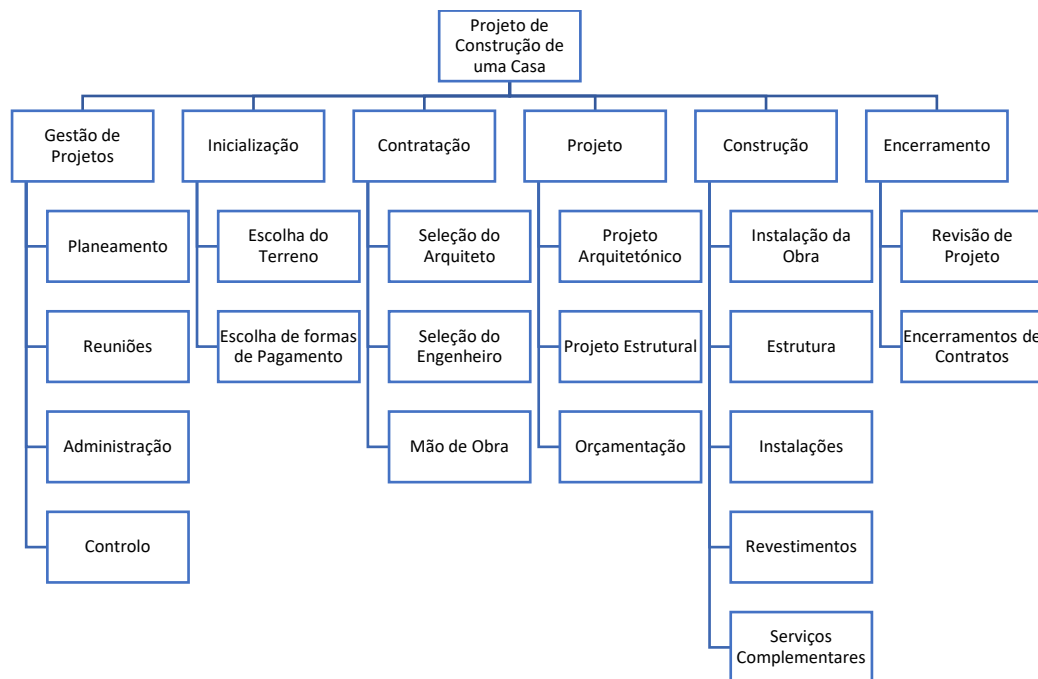


Fig. 3 – Exemplo de uma Estrutura Analítica de Projeto de uma Construção [8]

2.4.2. GESTÃO DE INTEGRAÇÃO

A gestão de integração de projetos engloba os processos e atividades necessários para identificar, definir, combinar, unificar e coordenar os diversos processos e atividades de gestão de projetos. No contexto de gestão de projetos, a integração inclui características de unificação, consolidação, articulação e ações integrativas que são cruciais para a conclusão do projeto, gerindo sucessivamente a expectativa das partes interessadas, atendendo aos requisitos. Este grupo de processos implica fazer escolhas sobre alocação de recursos, fazer trocas entre os objetivos e possíveis alternativas e gerir as interdependências entre as áreas de gestão de projetos.

2.4.3. GESTÃO DE TEMPO

A Gestão de Tempo abrange os processos necessários para gerir o tempo esperado produção e de conclusão. Os principais processos são:

- Definição de atividades – o processo de identificar as ações específicas a serem executadas para produzir as entregas do projeto;
- Sequencialização de atividades – o processo de identificar e documentar as relações entre as atividades do projeto;
- Estimação de recursos necessários para levar a cabo as atividade – o processo de estimar o tipo e as quantidades de material, pessoas ou equipamentos necessários para realizar cada atividade;
- Estimação de durações das atividades – o processo de estimar a duração dos trabalhos necessários para concluir atividades individuais com recursos estimados;
- Desenvolver o cronograma – o processo de análise de sequências de atividades, durações, requisitos de recursos e restrições de agendamento para criar o cronograma do projeto;
- Controlo do cronograma – o processo de monitorizar a situação do projeto para atualizar o progresso do projeto e gerir as mudanças na linha de base do cronograma.

A gestão do tempo é muito semelhante à gestão de custos, complementando-se as atividades pois o controlo e as previsões das atividades são feitos com base no planeamento.

Quando os prazos estabelecidos nas atividades são ultrapassados, incorre-se em atrasos. Os atrasos em obra são um dos problemas que mais afeta e encarece o projeto. O problema dos atrasos na indústria da construção é um fenómeno global e conclui-se que as causas mais importantes de atrasos, são:

- Planeamento do construtor inadequado;
- Má gestão do construtor no local;
- Experiência inadequada do construtor;
- Financiamento inadequado do cliente e falta de pagamento do trabalho já concluído;
- Problemas com subempreiteiros;
- Falhas na qualidade e quantidade de mão-de-obra;
- Disponibilidade e falha de equipamento;
- Falta de comunicação entre várias partes;
- Erros durante a fase de construção.

Sendo que os principais efeitos destes atrasos levam a:

- Atrasos na construção;
- Excesso de custos;
- Disputas e reclamações;
- Erros de arbitragem.

2.4.4. GESTÃO DE CUSTOS

A Gestão de Custos inclui os processos envolvidos na estimativa, orçamento e controlo de custos, para que o projeto possa ser concluído dentro do orçamento aprovado. Em geral, o custo continua a ser o critério mais importante para os clientes, pelo que a sua redução representa frequentemente a melhoria essencial para a satisfação do cliente. Na mesma linha de pensamento, afirmam que o sucesso do ponto de vista da gestão do projeto é quando o projeto é terminado com o menor custo, tão

rapidamente quanto possível, cumprindo os requisitos de qualidade exigidos e sem registo de acidentes. Noutras palavras, o sucesso significa levar cada um dos indicadores de desempenho do projeto, tais como custo, tempo, qualidade, segurança, produtividade do trabalho, materiais de consumo ou de resíduos a um valor ideal.

Os principais procedimentos são:

- Estimar os custos – o processo de desenvolvimento de uma aproximação dos recursos monetários necessários para concluir as atividades do projeto;
- Determinar orçamento – o processo de agregar os custos estimados de atividades individuais ou pacotes de trabalho para estabelecer um custo de linha de base autorizado;
- Controlar os custos – o processo de monitorizar a situação do projeto para atualizar o orçamento do projeto e gerir as mudanças nos custos da linha de base.

O trabalho envolvido na execução dos três processos é precedido pelo esforço de planeamento da equipa de gestão de projetos. O plano de gestão de custos pode estabelecer o seguinte:

- Nível de precisão – as estimativas dos custos de atividade estarão de acordo com um requisito especificado (por exemplo, 100€, 1000€), com base no âmbito das atividades e na magnitude do projeto, e podem incluir um montante para contingências;
- Unidade de medida – cada unidade usada em medições (como horas de pessoal, dias de equipa, semanas ou montantes fixos) é definida para cada um dos recursos;
- Procedimentos organizacionais – a EAP fornece a estrutura para o plano de gestão de custos, permitindo a consistência com as estimativas, orçamentos e controlo de custos. A componente EAP usado para a contabilidade de custos é chamado de conta de controlo;
- Limites do controlo – os limites de variância para monitorizar o desempenho dos custos podem ser especificados para indicar que uma quantidade acordada de variação deve ser permitida antes que alguma ação precise ser tomada. Os limiares são tipicamente expressos como desvios percentuais do plano da linha de base;
- Regras de medição de desempenho – as regras de Gestão de Valor Agregado da medição de desempenho são definidas.

Por exemplo, o plano de gestão de custos pode:

- Definir a EAP e os pontos nos quais a medição de controlo será executada;
- Estabelecer as técnicas de medição de valor agregado (marcos ponderados, fórmula fixa, percentagem completa) a serem empregados e;
- Especificar as equações de cálculo da gestão de valor agregado para determinar a estimativa projetada na conclusão do projeto.

Tendo em conta que na indústria da construção todos os processos continuam a ser muito detalhados e intensivos, tudo aponta que qualquer redução de custos neste sentido aumenta significativamente a probabilidade da redução dos custos do projeto final.

O custo de uma obra diminui conforme se aumenta o detalhe do planeamento e o controlo da obra, pois dessa forma eliminam-se os custos adicionais provenientes de imprevistos, de perdas e da baixa produtividade. No entanto, as atividades planear e controlar também acarretam despesas, por isso, deve-se ter em atenção para não se ultrapassar a relação custo/benefício de forma a evitar que esta se torne desvantajosa.

2.4.5. GESTÃO DE RECURSOS HUMANOS

A gestão de recursos humanos do projeto inclui o processo que organiza, gere e lidera a equipa do projeto. A equipa do projeto é composta pelas pessoas com funções e responsabilidades atribuídas para concluir o projeto. O tipo e o número de membros da equipa do projeto também podem ser referenciados como funcionários do projeto. Enquanto os papéis e responsabilidades específicos para os membros da equipa do projeto são atribuídos, o envolvimento de todos os membros da equipa no planeamento do projeto e na tomada de decisões pode ser benéfico. O envolvimento e a participação precoce dos membros da equipa adicionam seus conhecimentos durante o processo de planeamento e fortalecem seu compromisso com o projeto:

- Desenvolver plano de recursos humanos – o processo de identificar e documentar funções, responsabilidades e habilidades necessárias do projeto, relatar relacionamentos e criar um plano de gestão de pessoal;
- Adquirir equipa de projeto – o processo de confirmar a disponibilidade de recursos humanos e obter a equipa necessária para concluir as atribuições do projeto;
- Desenvolver a equipa do projeto – o processo de melhorar as competências, a interação da equipa e o ambiente geral da equipa para melhorar o desempenho do projeto;
- Gerir a equipa do projeto – o processo de acompanhar o desempenho dos membros da equipa, fornecendo feedback, resolvendo problemas e gerenciando mudanças para otimizar o desempenho do projeto.

A equipa de gestão de projetos é um subconjunto da equipa do projeto e é responsável pelas atividades de liderança do projeto, como iniciar, planejar, executar, monitorizar, controlar e fechar as várias fases do projeto.

Para projetos menores, as responsabilidades da gestão de projetos podem ser compartilhadas por toda a equipa ou administradas exclusivamente pelo gerente de projetos. O cliente do projeto trabalha com a equipa de gestão de projetos, ajudando em assuntos como o financiamento de projetos, esclarecendo os objetivos, monitorando o progresso a fim de beneficiar o projeto.

2.4.6. GESTÃO DE QUALIDADE

A gestão de qualidade do projeto inclui os processos e atividades da organização executora que determinam políticas, objetivos e responsabilidades de qualidade para que o projeto satisfaça as necessidades para as quais foi realizado. Implementa o sistema de gestão da qualidade por meio de políticas e procedimentos, com atividades contínuas de melhoria de processos conduzidas em toda a extensão, conforme apropriado. Esta área de gestão implica:

- Planear a qualidade – o processo de identificação dos requisitos de qualidade e/ou padrões para o projeto e o produto, e documentar como o projeto demonstrará conformidade;
- Garantia de qualidade – o processo de auditoria dos requisitos de qualidade e os resultados das medições de controlo de qualidade para garantir que padrões de qualidade apropriados e definições operacionais sejam usados;
- Controlar de qualidade – o processo de monitorizar e registar os resultados da execução das atividades de qualidade para avaliar o desempenho e recomendar as mudanças necessárias.

2.4.7. GESTÃO DE COMUNICAÇÕES

A gestão de comunicações do projeto inclui os processos necessários para garantir a criação, a compilação, a distribuição, o armazenamento, a recuperação e a disposição final das informações do projeto. Os gerentes de projeto passam a maior parte do tempo a comunicar com os membros da equipa e os restantes envolvidos no projeto, sejam eles internos ou externos à organização. A comunicação eficaz cria uma ponte entre as diversas partes interessadas envolvidas num projeto, conectando várias origens culturais e organizacionais, diferentes níveis de especialização e várias perspectivas e interesses na execução ou no resultado do projeto. Esta área de gestão engloba:

- Identificar as partes interessadas – o processo de identificação de todas as pessoas ou organizações afetadas pelo projeto e documentação de informações relevantes sobre seus interesses, envolvimento e impacto no sucesso do projeto;
- Planear comunicações – o processo de determinar as necessidades de informações das partes interessadas do projeto e definir uma abordagem de comunicação;
- Distribuir informação – o processo de disponibilizar informações relevantes para as partes interessadas do projeto conforme planeado;
- Gerir as expectativas das partes interessadas – o processo de comunicação e trabalho com as partes interessadas para atender às suas necessidades e abordar os problemas conforme eles ocorrem;
- Relatar de desempenho – o processo de coletar e distribuir informações de desempenho, incluindo relatórios, medidas de progresso e previsão.

2.4.8. GESTÃO DE AQUISIÇÕES

A gestão de aquisições de um projeto abrange os processos necessários para comprar ou adquirir produtos, ou serviços necessários de fora da equipa do projeto. A organização pode ser da compra ou venda dos produtos, serviços ou resultados de um projeto. A gestão de aquisições inclui os processos de gestão de contratos e controlo de mudanças necessárias para desenvolver e administrar contratos ou ordens de compra emitidas por membros da equipa de projeto autorizados. A gestão de aquisições também inclui a administração de quaisquer contratos emitidos por uma organização externa (o comprador) que esteja também a adquirir o projeto da organização executora (o vendedor) e administrando as obrigações contratuais impostas à equipa do projeto por contrato.

2.4.9. GESTÃO DE RISCOS

A gestão de riscos do projeto inclui os processos de condução do planeamento de gestão de riscos, identificação, análise, planeamento de resposta, e monitorização e controlo de riscos num projeto. Os objetivos da gestão de risco de projeto são aumentar a probabilidade e o impacto de eventos positivos e diminuir a probabilidade e o impacto de eventos negativos no projeto. Esta gestão envolve:

- Gestão de risco de plano – o processo de definir como conduzir atividades de gestão de risco para um projeto;
- Identificar riscos – o processo de determinar quais riscos podem afetar o projeto e documentar suas características;
- Realizar análise de riscos qualitativos – o processo de priorização de riscos para análise ou ação posterior, avaliando e combinando a sua probabilidade de ocorrência e impacto;
- Realizar análise quantitativa de riscos – o processo de analisar numericamente o efeito dos riscos identificados nos objetivos gerais do projeto;

Tab. 1 – Mapeamento das atividades das Áreas de Gestão de Projetos nas diferentes fases de uma obra

Tipo de Gestão	Início de Trabalhos	Planeamento	Execução	Monitorização e Controlo	Encerramento de Trabalhos
Gestão de Integração	Desenvolver Projeto	Desenvolver Plano de Gestão de Projeto	Dirigir e Gerenciar Projeto de Execução	Monitorizar e Controlar Projeto de Trabalhos	Encerrar Projeto
Gestão de Âmbito	—	Definir Objetivos Criar a EAP	—	Verificar e Controlar objetivos	—
Gestão de Tempo	—	Enquadrar Atividades Estimar Recursos e Durações de Atividades Desenvolver Cronograma	—	Controlar o Cronograma	—
Gestão de Custo	—	Estimar Custos e Orçamento	—	Controlar o Custo	—
Gestão de Qualidade	—	Planear a Qualidade	Executar a Garantia de Qualidade	Controlar a Qualidade	—
Gestão de Recursos Humanos	—	Desenvolver Plano de Recursos Humanos	Adquirir e Desenvolver e Gerir Equipa de Projeto	—	—
Gestão de Comunicações	Identificar as Parte Interessadas	Planear Comunicações	Partilhar Informação Gerir as espetativas das Partes Interessadas	Relatar o Desempenho	—
Gestão de Aquisições	—	Planear Aquisições	Realizar as Aquisições	Administrar as Aquisições	Fechar Contratos
Gestão de Riscos	—	Planear Gestão de Riscos Identificar e Analisar Riscos Planear Respostas aos Riscos	—	Monitorizar e Controlar Riscos	—

- Planear respostas a riscos – o processo de desenvolvimento de opções e ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto;
- Monitorizar e controlar os riscos – o processo de implementação de planos de respostas a riscos, rastreamento de riscos identificados, monitorizamento de riscos residuais, identificação de novos riscos e avaliação da eficácia do processo de riscos em todo o projeto.

3

TÉCNICAS DE PLANEAMENTO E CONTROLO

3.1. ENQUADRAMENTO

O processo da Gestão de Projetos inclui práticas tradicionais reconhecidas e amplamente aplicadas, bem como práticas inovadoras emergentes na profissão que estão em permanente evolução.

Estas técnicas empregues ao planeamento e ao controlo de uma obra possibilitam melhorias substanciais em termos de custos, tempo, fluxo de trabalhos, entre outros aspetos, aumentando assim o desempenho global da execução da obra.

Neste capítulo referem-se primeiramente os métodos mais recorrentes e utilizados no planeamento e controlo de uma obra. De seguida, mencionam-se os métodos mais recentes e inovadores que surgiram na área da construção sendo que o capítulo termina com uma análise comparativa entre as metodologias tradicionais e inovadoras. [12]

3.2. TÉCNICAS CORRENTES DE PLANEAMENTO E CONTROLO

3.2.1. DIAGRAMA DE REDES

Um diagrama de rede é um diagrama gráfico da ordem ou sequência dos eventos de um projeto.

Esta técnica surgiu nos meados do séc. XX, sendo ainda hoje em dia aplicada em muitas áreas como por exemplo a Informática, Investigação Operacional, Economia, Sociologia, Genética, entre outros, sendo na Gestão de Projetos, utilizada nos métodos PERT e CPM.

Neste diagrama, um projeto representa um conjunto de tarefas bem determinadas, designadas de atividades. Todas as atividades devem estabelecer relacionamentos de precedências entre si. Não é aconselhável que um planeamento tenha atividades sem antecessoras ou sucessoras. Atividades sem relações de precedência com outras podem criar dificuldades de controlo e adiar o seu término.

O estabelecimento do encadeamento requer um conhecimento aprofundado da natureza dos trabalhos a realizar. O encadeamento resulta de limitações ou sujeições de várias ordens:

- Físicas: Só é possível realizar uma tarefa quando fisicamente a sua antecessora já tiver sido executada como por exemplo, para realizar a alvenaria é preciso a estrutura de betão estar já efetuada;
- De recursos: A realização de uma tarefa pode ter restrições de meios devido a um grande fluxo de trabalhos apesar de todas as outras condições estarem reunidas;
- De segurança: Quando existe a obrigatoriedade de respeitar prazos estabelecidos como por exemplo, o tempo de cura de betão tem de ser respeitado para se proceder à sua descofragem;

- Programáticas: resultantes não de imposições técnicas, mas de programa por parte do dono de obra, caderno de encargos, etc.

Os encadeamentos entre as atividades, caracterizados na figura 4, podem ser de quatro tipos distintos:

- Fim – Início: O início da tarefa sucessora depende do fim do trabalho da tarefa antecessora;
- Início – Início: O início da tarefa sucessora depende da realização total ou parcial da sua tarefa antecessora;
- Fim – Fim: O fim da tarefa sucessora depende do fim total ou parcial da tarefa antecessora;
- Início – Fim: O fim da sucessora depende do início da antecessora. Esta é uma relação muito pouco utilizada, pois é difícil de evidenciar.

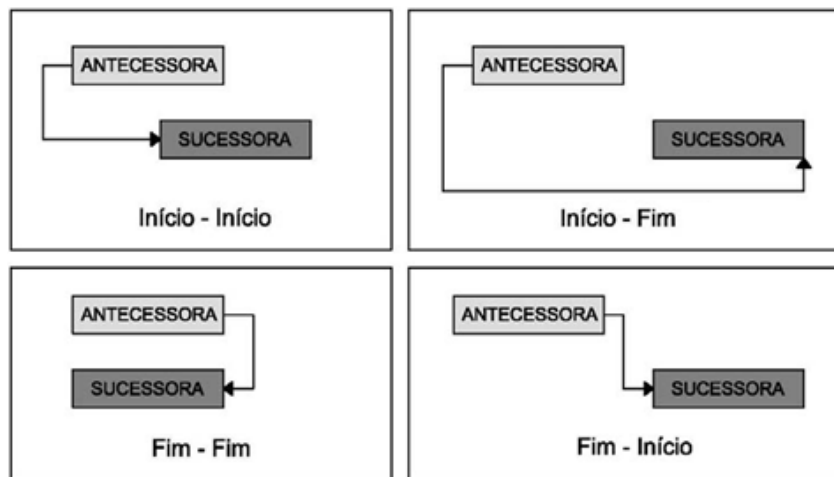


Fig. 4 – Tipos de encadeamentos entre atividades [5]

Há dois tipos de modelos de rede de precedência:

- AON (Activity On Node) – em que os nós da rede representam a atividade e os arcos as relações de precedência entre elas;
- AOA (Activity On Arc) – em que os arcos representam as atividades e os nós representam acontecimentos, como se pode ver na figura 5.

Em relação às redes AON têm a vantagem de tornar mais óbvia a representação do progresso das atividades ao longo da execução do projecto (factor importante no controlo deste). No entanto, as redes AON são mais simples por evitarem a necessidade do recurso a atividades fictícias e, além disso, permitem a representação directa de relações de dependência diferentes da simples relação “A precede B”.

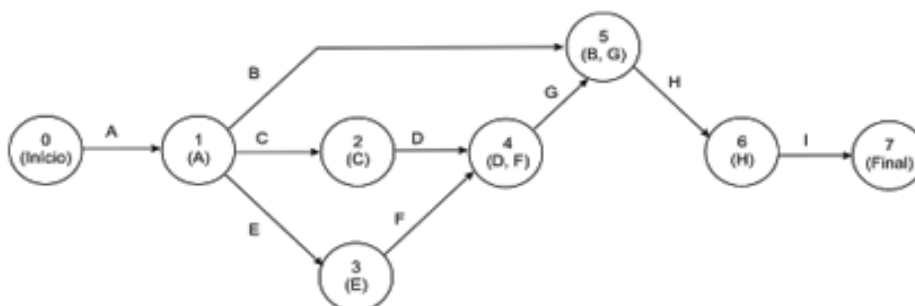


Fig. 5 – Exemplo de Diagrama de redes – AOA [8]

Existem algumas regras para o desenho de boas redes, tais como:

- Evitar o desenho de linhas que se cruzem.
- Procurar desenhar todos os arcos segundo linhas rectas.
- Evitar variações muito grandes no comprimento dos arcos.
- Procurar desenhar os arcos com ângulos pouco fechados.
- Manter o sentido dos arcos da esquerda para a direita.

3.2.2. CPM / PERT

O Método do Caminho Crítico, do inglês *Critical Path Method* (CPM), surgiu em meados do século XX, nos EUA, e é uma das metodologias mais divulgadas, devido a sua credibilidade e facilidade de aplicação.

O CPM, representado graficamente na figura 6, baseia-se no diagrama de redes e é usado com o objetivo de minimizar a duração da realização do projeto, através da sequencialização das atividades e respetivas durações, permitindo consequentemente um melhor planeamento.

A soma das durações associadas com todas as atividades que constituem o caminho crítico da rede de planeamento, indica um valor que se designa por tempo crítico e que corresponde ao tempo esperado para a concretização do projeto. Todas as atividades que pertencem ao caminho são designadas por atividades críticas e são atividades que se atrasarem, atrasam também a data do projeto.

Construída a rede de projeto, é possível o cálculo do ES (*Early Start* - Início mais Cedo da atividade), do EF (*Early Finish* - Fim mais Cedo da atividade), do LS (*Late Start* - Início mais Tarde da atividade), do LF (*Late Finish* - Fim mais Tarde da atividade) e da Folga (*Float* - Tempo que atividade pode ser atrasada sem afetar o tempo total do projeto).

Entretanto, surgiu também o *Program Evaluation and Review Technique* (PERT). Como o próprio nome indica, é uma técnica de avaliação de projetos e de auxílio à sua revisão que introduziu o conceito de duração probabilística das atividades. Esta técnica é utilizada na representação de situações mais complexas e difíceis.

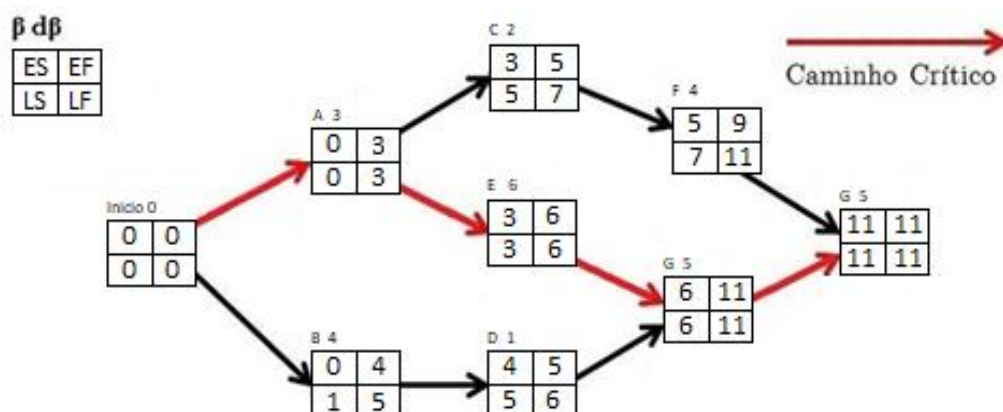


Fig. 6 – Representação gráfica do CPM

Através da figura 7 podemos ver que o método PERT estima a duração das atividades utilizando três parâmetros:

- Duração optimista (a), que corresponde ao tempo mínimo necessário para concluir a atividade, se tudo correr excepcionalmente bem;
- Duração pessimista (b), que corresponde ao tempo máximo esperado para concluir a atividade, se tudo correr mal;
- Duração mais provável (m), que corresponde ao tempo normal ou expectável para a execução da atividade.

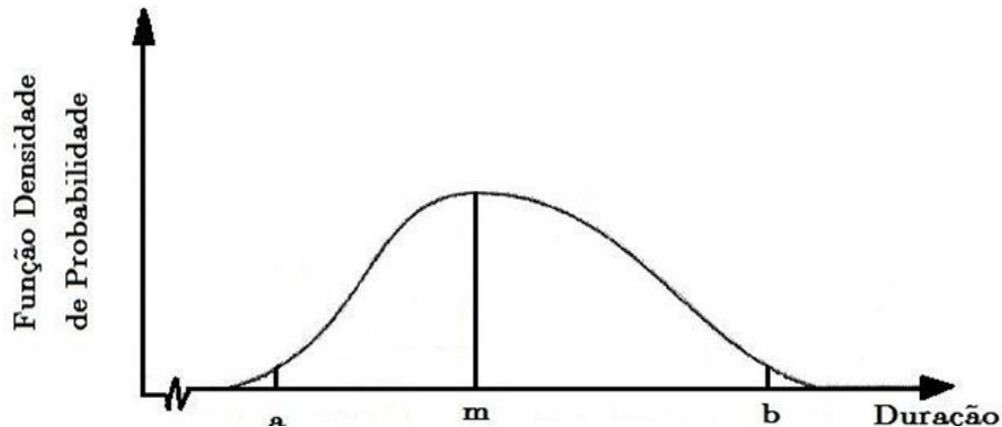


Fig. 7 – Possível Distribuição de probabilidade β [6]

Como representado na figura 8, estabelecidos os três parâmetros, são calculadas a duração probabilística das atividades (T_e - Tempo esperado) e a respetiva variância (σ^2) tendo por base a distribuição de probabilidade β .

Este método, que recorre também ao diagrama de redes no estabelecimento das interdependências entre as diferentes atividades de forma a tornar visível qual ou quais podem ocorrer simultaneamente e aqueles que precedem outras com o objetivo de planejar, visualizar a coordenação das atividades e estimar a duração de projetos quando persistem incertezas quanto à duração das atividades individuais.

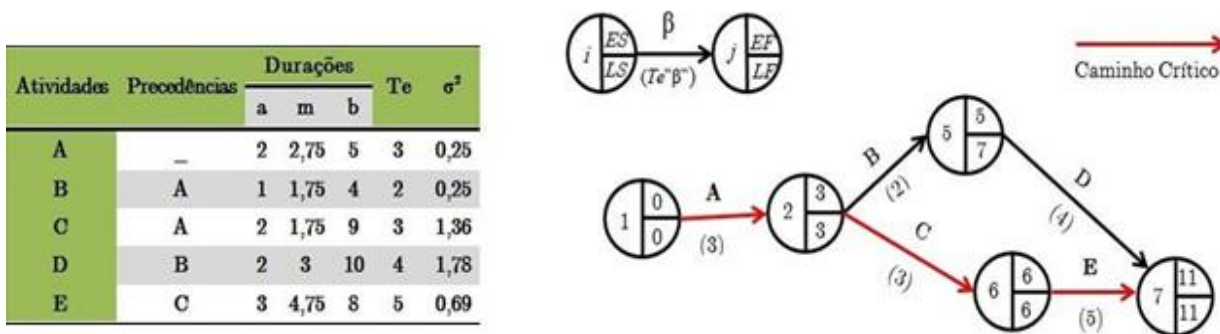


Fig. 8 – Representação gráfica do PERT [6]

A duração do projeto (DT) será dada pela soma da duração esperada (T_e) das atividades do caminho crítico.

A variância total (σ^2) também será dada pela soma das variâncias parciais das atividades críticas.

O PERT é constantemente associado ao método CPM, no entanto, o CPM considera durações determinísticas para as atividades e apura apenas o caminho crítico dada uma sequência de atividades, ou seja, as tarefas que não podem sofrer atrasos sem que isso se reflita na duração total do projeto.

Desta maneira, pode-se classificar a rede PERT como um método probabilístico e o CPM como um método determinístico.

Assim, estes dois métodos trazem diversas vantagens como a clara visualização da sequência de trabalhos e a sua interdependência, o que facilita na tomada de decisões e ainda facultam o caminho crítico do projeto. Ainda assim, estes métodos revelam-se desvantajosos e de difícil representação para casos muito complexos, onde o trabalho e a complexidade do planeamento de trabalhos são muito maiores.

3.2.3. DIAGRAMA DE GANTT

O diagrama de Gantt foi desenvolvido em 1917 pelo engenheiro norte-americano Henry Gantt e, como se pode visualizar na figura 9, é a representação gráfica de um projeto através da associação de tarefas a barras horizontais num sistema de eixos coordenados, onde no eixo das ordenadas se representam as tarefas a executar e no eixo das abcissas o tempo, normalmente definido em dias, semanas ou meses.

Para a estruturação do diagrama, é indispensável definir dois parâmetros primários: as atividades a desenvolver e a duração estimada para cada uma destas.

O encadeamento é determinado à medida que se vai construindo o gráfico onde os critérios de otimização podem ser os mais variados. Se as tarefas possuírem uma sequência, as relações de precedência podem ser modeladas por uma seta com base na tarefa antecessora para a tarefa sucessora. A tarefa sucessora não pode ser executada enquanto a tarefa antecessora não for realizada. Nunca se chega a um resultado perfeito, apenas se obtêm soluções possíveis. O Diagrama de Gantt traz, assim, diversas vantagens devido à fácil aplicação e interpretação do progresso temporal e visualização do calendário, que com a utilização conjunta de outros dados é possível proporcionar informação detalhada às tarefas como por exemplo, os custos, mão-de-obra e equipamentos associados à tarefa.

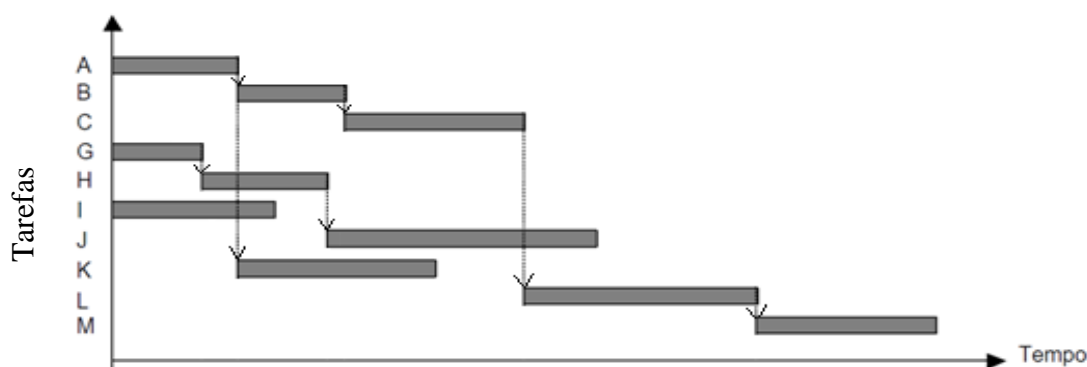


Fig. 9 – Diagrama de Gantt [12]

Embora um Gráfico de Gantt seja facilmente compreendido para projetos pequenos, pode tornar-se de difícil visualização e compreensão para projetos com muitas atividades. Num Gráfico de Gantt com um número elevado de atividades é difícil visualizar as relações de encadeamento. Se forem necessárias alterações na programação de trabalhos, é obrigatório que se refaça o cronograma completo.

Para controlar o desenvolvimento real de uma tarefa, a barra que a representa é preenchida proporcionalmente ao seu grau de cumprimento. Assim, é rapidamente possível ter uma ideia do adiantamento/atraso do projecto traçando uma linha vertical que atravessa as tarefas a nível da data do

dia. As tarefas realizadas estão assim situadas à esquerda desta linha, as tarefas não começadas à direita, enquanto as tarefas em curso de realização são atravessadas pela linha. Se o seu preenchimento for situado à esquerda da linha, a tarefa está em atraso em relação ao planeado.

3.3. TÉCNICAS INOVADORAS DE PLANEAMENTO E CONTROLO

3.3.1. ANÁLISE DO VALOR AGREGADO

A Gestão de Valor Agregado (GVA), do inglês Earned Value Management (EVM) é uma metodologia utilizada para integrar o âmbito do projeto, o cronograma e os recursos associados na gestão de um projeto, que consiste em medir objetivamente o desempenho e o progresso do projeto comparando os custos (real e planeado) e o valor agregado.

A Técnica do Valor Agregado (TVA), do inglês Earned Value Technique, consiste na comparação de três curvas de desempenho:

- Valor Planeado - PV (*Planned Value*);
- Valor Agregado - EV (*Earned Value*);
- Custo Real - AC (*Actual Cost*).

O Valor Planeado (PV) é o custo orçamentado das tarefas estimadas no início do projeto, com base nos custos dos recursos atribuídos a essas tarefas, para além de qualquer custo fixo associado a essas tarefas, até a data status. O PV é determinado a partir de todo o trabalho, ou tarefas, que devem ser realizadas, para que o projeto seja elaborado com sucesso. O trabalho dentro de cada uma das tarefas, quer seja feito internamente ou terceirizado, é estimado. Essa estimativa é convertida num valor monetário que representa a parcela monetária de "valor planeado" da tarefa. Uma vez estabelecidos a quantidade e o momento, o PV para a tarefa ou atividade está definido. Ele só pode ser alterado através da implementação de uma mudança de projeto.

O Custo real (AC) será talvez o parâmetro mais importante da AVA, pois este representa o dinheiro real que a empresa teve de gastar no projeto. O AC é o custo real dos trabalhos realizados, por outras palavras, trata-se do que efetivamente foi gasto com os trabalhos realizados. O AC é o somatório dos custos reais associados a todas as atividades realizadas até à data status.

O Valor Agregado (EV) é o custo orçamentado dos trabalhos, é o acumulado dos custos orçamentados associados a todas as atividades realizadas até à data status, provém de uma avaliação feita pela equipa de gestão do projeto com base no progresso de cada tarefa no projeto. Muitas vezes isso é difícil de medir com precisão e é baseado num julgamento feito por pessoas experientes que façam parte da equipa do projeto. As tarefas que são cumpridas ganharão valor, enquanto as tarefas que não tenham sido iniciadas não ganharão qualquer valor, por sua vez as tarefas que estão parcialmente completas podem ganhar algum valor, para o trabalho que tem sido feito. O montante total do valor disponível para uma tarefa é o valor atribuído a essa tarefa no momento do planeamento do projeto, por outras palavras, o valor previsto para essa tarefa. É fácil determinar o EV para as tarefas que foram concluídas (EV associada às tarefas PV) e para aquelas tarefas que não tenham sido iniciadas (EV é zero). A dificuldade está, em estimar o EV para uma tarefa que está em andamento. Basta dizer que, a maioria das organizações criaram algumas regras específicas nesta área para garantir que o EV não é subestimado, nem sobrestimado.

A TVA é utilizada para relatar o estado do projeto em termos de custo e tempo, o que permite uma visão holística do progresso do projeto. A representação gráfica do projeto ao longo do tempo é a chamada "Curva S", representada na figura 10, onde se compara o planeado com o realizado.

Implementações de GVA para projetos grandes ou complexos incluem muito mais características, como indicadores e previsões do desempenho de custo e desempenho de cronograma.

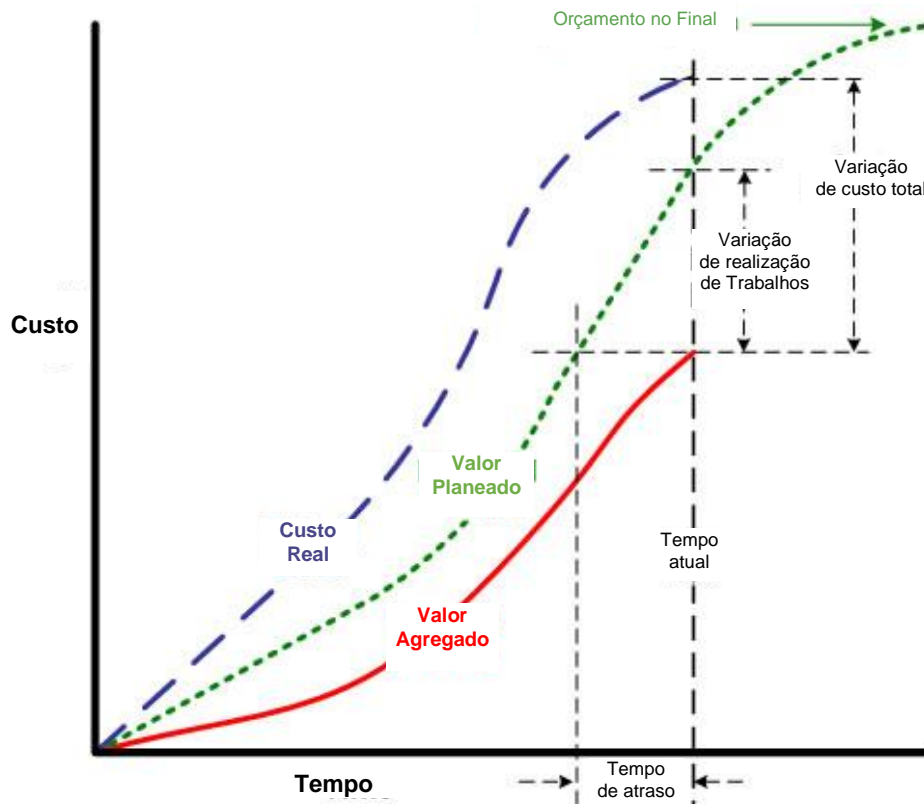


Fig. 10 – Representação da curva “S” [13]

No entanto, os requisitos mais básicos da GVA que quantificam o progresso do projeto usam os parâmetros valor planeado - VP ou valor agregado – VA. Sendo os índices de desempenho calculados os seguintes:

- Variação de Custo - CV (*Cost Variance*);

É uma medida do desempenho, em termos de custo num projeto. É a diferença algébrica entre o valor agregado e o custo real. Um valor positivo indica um bom desempenho.

$$CV = EV - AC \quad (1.1)$$

- Variação de Cronograma ou Prazos - SV (*Schedule Variance*);

É uma medida do desempenho ao atender o cronograma de um projeto. É a diferença algébrica entre o valor agregado e o valor planeado. Um valor positivo demonstra que a entrega do valor é antecipada. Vale observar que isto não significa necessariamente que haja antecipação do marco final do projeto, pois para que se possa afirmar uma antecipação efetiva, todas as variações observadas devem ser no caminho crítico do projeto.

$$SV = EV - PV \quad (1.2)$$

- Índice de Desempenho de Custo - CPI (*Cost Performance Index*);

É uma medida da eficiência, em termos de custo, em um projeto. É a razão entre o valor agregado e o custo real. Índice de Desempenho de Custo maior ou igual a 1 indica que os recursos do projeto estão sendo utilizados de forma eficiente.

$$CPI = EV / AC \quad (1.3)$$

- Índice de Desempenho de Prazos - SPI (*Schedule Performance Index*).

É uma medida da eficiência ao atender o cronograma de um projeto. É a razão entre o valor agregado e o valor planeado. Índice de Performance de Cronograma maior ou igual a 1 indica ritmo eficiente de avanço no cronograma.

$$SPI = EV / PV \quad (1.4)$$

A Gestão do Valor Agregado traz assim muitas vantagens na monitorização e controlo do âmbito, do fator custo e tempo numa obra, não esquecendo, que este não provê medidas para medir qualidade do projeto.

3.3.2. LINHA DE BALANÇO

A metodologia da Linha de Balanço, do inglês *Line of Balance* (LOB), surgiu no início de 1940 nos Estados Unidos da América. Esta técnica foi de novo assumida nos últimos anos para procurar dar resposta à necessidade de métodos de planeamento e controlo de produção mais flexíveis. [12]

Assim, o LOB é uma metodologia de planeamento e controlo que considera o carácter cíclico das atividades de um projeto, fornecendo uma visão simplificada da execução das atividades e de como melhorar a sua produtividade.

A Linha de Balanço, como se pode observar na figura 11, consiste num gráfico oriundo do diagrama de Gantt onde se dispõe a escala temporal no eixo das abcissas e as localizações no eixo das ordenadas que permite ao planeador levar explicitamente em conta o fluxo de trabalho do projeto e da construção através da utilização de diagramas com linhas para representar diferentes tipos de atividades, executadas pelas várias equipas de trabalho em diferentes localizações. A inclinação das linhas representa o ritmo de produção ou produtividade. A utilização desta técnica permite um maior entendimento da relação entre atividades na medida em que é bastante simples perceber rapidamente o que está a acontecer no projeto e fazer a comparação com o avanço real dos trabalhos. [10]

As representações iniciais do método da Linha de Balanço surgiram em forma de barras, no entanto, atualmente a representação em linha tende a ser mais utilizada devido à sua maior facilidade de compreensão na representação e controlo das várias atividades que compõem o planeamento de um projecto.

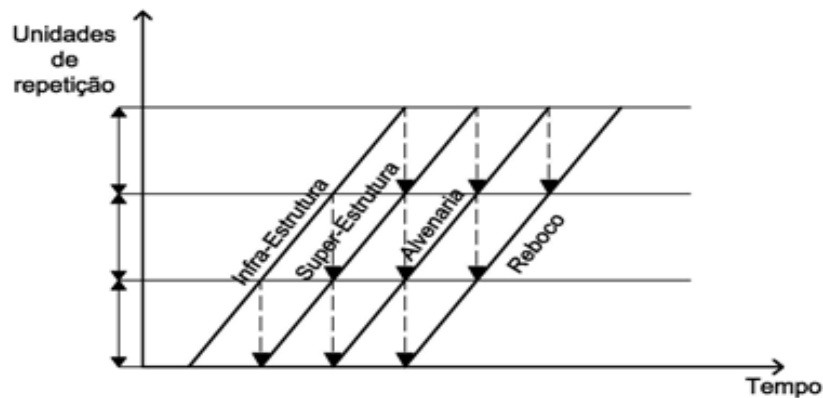


Fig. 11 – Relações de precedência entre e atividades [16]

A aplicação do LOB começa pela divisão do projeto em localizações, seguida da divisão das atividades da construção em tarefas mais específicas. O processo de divisão do projeto por localizações é uma das dificuldades maiores da aplicação do método na medida em que a configuração espacial é única para cada projeto, sendo suscetível a diferentes interpretações. A divisão do projeto contempla habitualmente uma divisão por pisos, no entanto, o tipo de divisão pode também ficar ao critério do utilizador. O nível de detalhe pode chegar à divisão de um elemento numa série de sub-elementos.

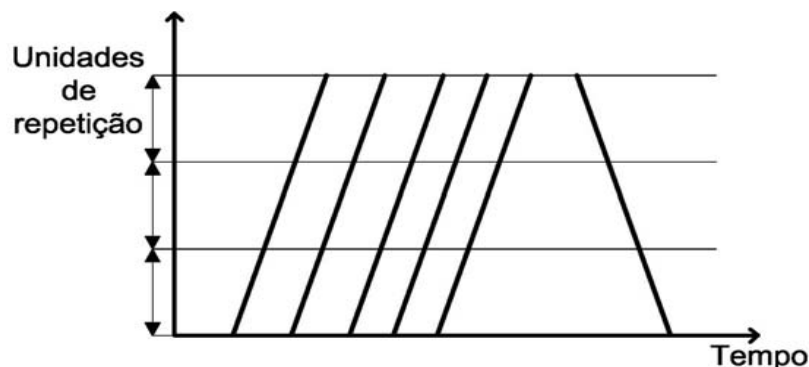


Fig. 12 – Fluxos Ascendentes e Descendentes de construção [16]

É possível ver na figura 12 os fluxos de trabalhos ascendentes e descendentes numa obra, uma vez que em edifícios podem ocorrer tarefas a realizar de baixo para cima (estruturas) representado com inclinação para a direita como de cima para baixo (demolições), representado com inclinação para a esquerda.

Com um exemplo de uma Linha de Balanço como o representado na figura 13, o utilizador tem rapidamente acesso a uma série de informações:

- Atividades programadas para determinada data ou localização;
- Intervalos temporais ou espaciais entre atividades;
- Ritmo de produção;
- Comparação visual entre os ritmos de produção das várias atividades;
- Descontinuidades nas atividades;
- Dependências entre as atividades;

- Alarmes e avisos - datas limite que convêm não ultrapassar dispostas no gráfico sob a forma de pontos;
- Comparação entre as atividades conforme planeado, conforme verificado e conforme previsto.

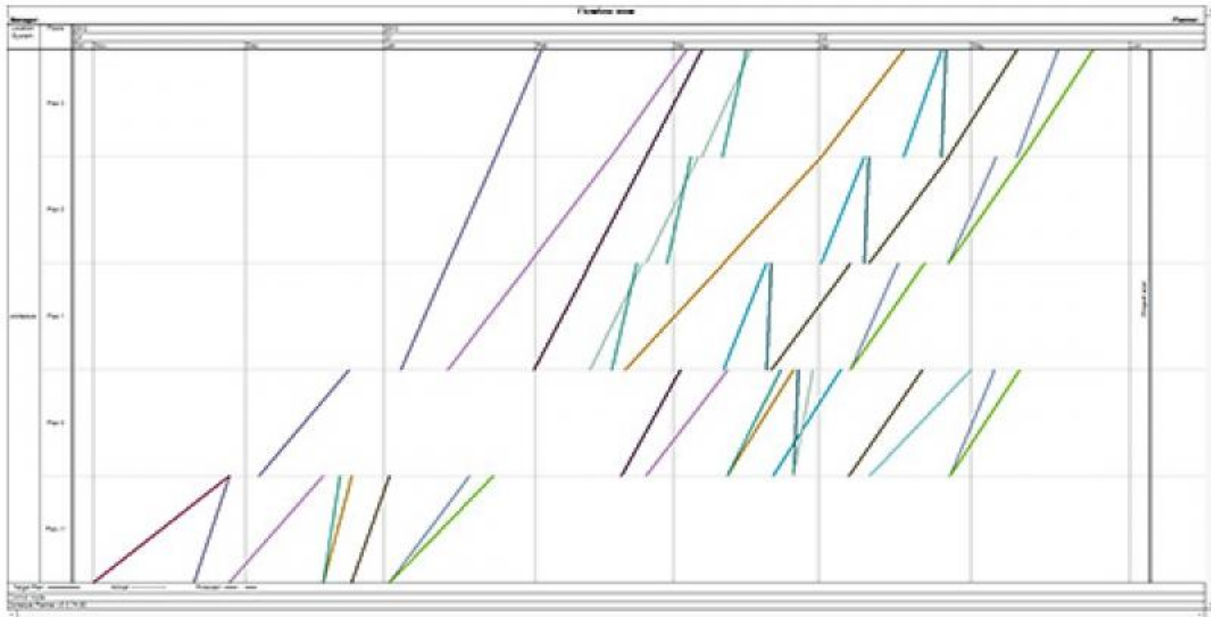


Fig. 13 – Representação gráfica do LOB num projeto [16]

A interpretação da Linha de Balanço permite identificar uma série de deficiências no planeamento:

- Mesma atividade a ocorrer em diferentes localizações;
- Diferentes atividades a decorrer ao mesmo tempo na mesma localização;
- Atividades diferentes com prazos de finalização na mesma data e na mesma localização;
- Diferentes atividades a começar ao mesmo tempo na mesma localização;
- Localizações com elevados períodos de tempo sem qualquer atividade a decorrer;

Nota-se que a Linha de Balanço possibilita uma otimização simples e eficaz do planeamento. Existem sobretudo dois princípios a seguir na minimização dos desvios numa Linha de Balanço. Estimular a continuidade das tarefas, ou seja, não ter a mesma atividade a decorrer em diferentes localizações ao mesmo tempo, e sincronizar os ritmos de produção para as várias tarefas, isto é, obter o máximo número de linhas paralelas. Um diagrama otimizado em Linha de Balanço caracteriza-se pela continuidade das tarefas, pelo ritmo de produção constante, pelos períodos temporais e espaciais adicionais para compensar eventuais atrasos, pelas folgas no início e fim das tarefas e pela divisão equitativa dos trabalhos no tempo.

Segundo o método LOB as atividades não devem cruzar-se. O cruzamento significa que a atividade sucessora ultrapassa a atividade que a precede, ou seja, há conflitos de execução. O constatar desta evidência, é uma das vantagens da representação LOB em projetos com atividades repetitivas, o que permite executar a sua correção logo no planeamento. Contudo, o cruzamento entre atividades pode acontecer, desde que não exista dependências entre elas.

A obtenção do caminho crítico no planeamento LOB, pode ser determinado através diferentes formas como se pode notar na figura 14.

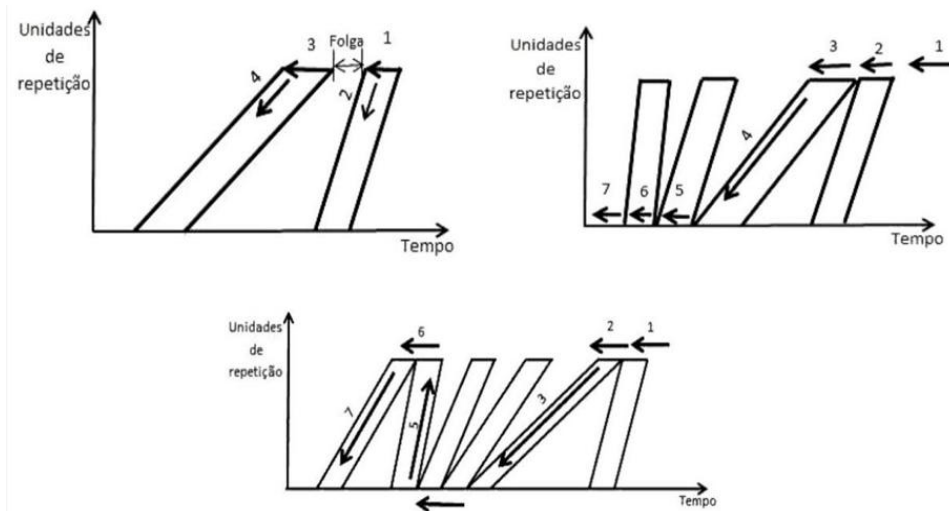


Fig. 14 – Formas de obter o caminho crítico no LOB [16]

No que diz respeito ao planeamento dos recursos, o LOB permite a visualização da alocação dos recursos durante todo o desenvolvimento do projeto. Verifica-se que na programação paralela existe uma maior estabilização no consumo dos recursos, ao contrário da distribuição não paralela onde a distribuição dos recursos é mais irregular, cada atividade gera um fluxo de recursos.

O controlo num LOB é normalmente efectuado traçando-se as curvas de produção realizadas sobre as curvas previstas, analisando a variabilidade de avanço das atividades. A variabilidade representa os desvios da produção em relação à quantidade planeada. A comparação entre o previsto e o realizado fornecerá informações substanciais para as tomadas de decisões necessárias na gestão do projecto. A variabilidade de duas atividades consecutivas deve ser monitorizada de forma a garantir que a probabilidade das curvas se cruzarem seja próxima de zero, ou seja, evite conflito de execução. O controlo por meio das linhas permite o estudo de reaproveitamento de equipas e adaptações na sua programação, como também o acompanhamento dos fornecimentos de forma a evitar grandes *stocks* ou ausência de materiais para a execução da atividade. Esse controlo, também, permite monitorizar a produtividade que evita atrasos ou adiantamentos que possam causar conflitos entre atividades.

4

LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE FERRAMENTAS INFORMÁTICAS PARA PLANEAMENTO

4.1. ENQUADRAMENTO

Hoje em dia para uma eficaz gestão de produção e de projetos é essencial o uso de ferramentas informáticas especializadas. Estas têm-se mostrado essenciais no fluxo e qualidade de informação disponível e partilhada em obra.

Como já se referiu anteriormente, o setor da construção civil encontra-se atrasado em relação a outras indústrias no que se refere ao desempenho da produção de projetos. A eficiência da produção não depende apenas do gestor de projeto, mas igualmente de toda a equipa de projeto, sendo crucial o contributo e apoio das ferramentas informáticas e técnicas de gestão de projetos utilizadas.

No que diz respeito a ferramentas informáticas, o mercado existente é alargado. Existem diversas escolhas possíveis, conforme as necessidades, tendências e até de capital de cada empresa/indivíduo, desde ferramentas mais simples até às mais complexas.

Estas limitações, por vezes, condicionam a possibilidade de expansão de novas técnicas e novas ferramentas de controlo, estando assim os utilizadores limitados à oferta disponível, tendo que se moldar em certa parte à cultura de controlo de projeto intrínseca da empresa.

Enunciam-se de seguida alguns *software* disponíveis que permitem a execução e monitorização de um planeamento de um projeto.

4.2. FERRAMENTAS INFORMÁTICAS

4.2.1. MSPROJECT



Fig. 15 – Logo do Software MSProject [17]

O MSProject, criado pela Microsoft em 1985, é uma ferramenta adaptada para a gestão de projetos, pois permite efetuar o planeamento e acompanhamento de toda a execução de um projeto, bem como a gestão de todos os recursos fundamentais à sua realização. Sendo um software pertencente à

Microsoft, este é compatível com as aplicações do Microsoft Office, ou seja, permite exportar informação para o Excel e importar atividades do Microsoft Outlook para o documento do projeto.

O *software* pode ser utilizado em diversos idiomas. A escala temporal para a visualização do projeto pode ser alterada conforme o pretendido – diário, semanal, mensal, trimestral - possibilitando a atribuição de número de horas diárias de trabalho e ainda a introdução de feriados e períodos de férias.

Este dispõe de variadas formas de visualização e inserção de dados do projeto, sendo que essa informação é visualizada normalmente através de um Diagrama de Gantt como é visível na figura 16.

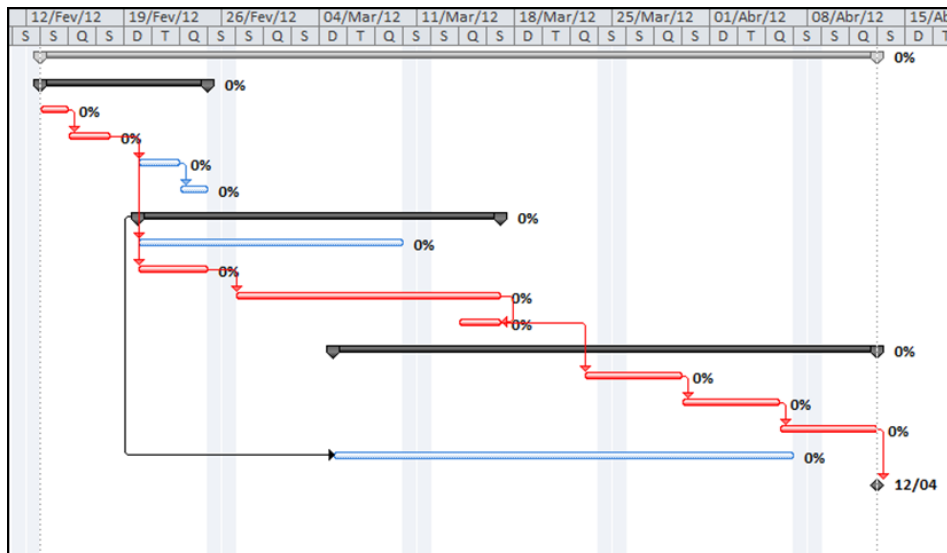


Fig. 16 – Representação gráfica do diagrama de Gantt no MSProject [17]

O MSproject possibilita a representação gráfica do caminho crítico do projeto, destacando as atividades críticas a vermelho no diagrama de Gantt. Permite ainda anexar diversas informações às tarefas, sendo estas, as suas interdependências, os recursos necessários e respectivo custo de cada atividade. Querendo um estudo mais pormenorizado do planeamento dos trabalhos, como por exemplo, analisar apenas as tarefas relativamente à Estrutura do edifício, é possível filtrar informação específica de modo a melhorar a visualização do cronograma

O MS Project permite que orçamentos sejam criados no nível da tarefa, para fatores como equipamentos, viagens e mão-de-obra, e fornece suporte para o relatório de desvios de custo e o rastreamento de custos reais em relação a estimativas.

Ao atribuir recursos, cria-se a associação entre tarefas específicas e os recursos necessários para concluí-los. Esses recursos incluem os recursos de trabalho (pessoas e equipamentos necessários para concluir uma tarefa) e recursos materiais. Para atribuir recursos basta selecionar a tarefa e, de seguida, selecionar o recurso necessário e inserir as unidades de atribuição.

O MSProject fornece assim vários tipos de relatórios, sendo alguns:

- *Project Overview* (Descrição Geral): proporciona uma visão geral do cronograma do projeto;
- *Current Activities* (Atividades atuais): proporciona informação sobre as tarefas que estão planeadas a acontecer no momento no projeto;
- *Costs Overview* (Descrição de Custos): este relatório fornece informação sobre a evolução do projeto em termos de custos;

- *Resource Overview* (Descrição de Recursos): oferece informação sobre a afetação e utilização de recursos às tarefas no projeto;
- *Upcoming Tasks* (Tarefas seguintes): adverte as tarefas que estão planeadas para execução na semana.

Sempre que o planeamento no MSProject sofrer alterações, atualizando os dados do projeto, os relatórios fornecidos serão atualizados.

4.2.2. CCS CANDY



Fig. 17 – Logo do Software CCS Candy [18]

O *Construction Computer Software* (CCS) foi fundado em 1978, dedicando-se exclusivamente à criação de resoluções para os problemas do Planeamento e da Gestão na Construção Civil.

O Candy é um sistema integrado de planeamento e gestão constituído principalmente por quatro módulos, sendo eles, o de Planeamento, o de Orçamentação, o de Controlo de Produção e o de “Cashflow”.

O módulo “Orçamentação” permite identificar facilmente os fatores críticos do orçamento e possibilita uma composição sólida, precisa e bem documentada. A integração do Orçamento com o Planeamento permite que os itens da Lista de Preços Unitários possam ser atribuídos às atividades do Planeamento. Isto permite que os recursos, ou informação financeira do orçamento, possam reflectir-se no período de tempo calculado na programação, originando uma maior precisão temporal das quantidades e dos custos.

O módulo “Planeamento” possibilita elaborar o planeamento em Diagramas de Gantt ou Diagrama Espaço/Tempo (LOB), visível na figura 18, e ainda anexar notas de referência às atividades. Os recursos são hierarquizados por categorias, em grupo de recursos ou em recursos simples, podendo ser analisados através de histogramas em relatórios impressos ou diretamente no ecrã.

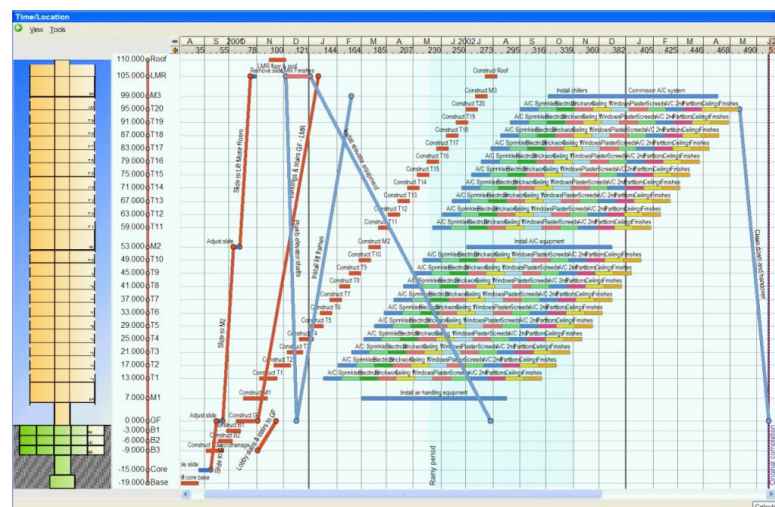


Fig. 18 – Representação de Diagrama Espaço/Tempo no CCS Candy [19]

O módulo de “Cashflow” faculta as condições necessárias de financiamento do projeto, indicando a definição dos prazos de pagamento das facturas e definir as taxas de juro, as retenções para garantias, registar as receitas e efetuar o cálculo do Valor Atual Líquido.

O módulo “Controlo de Produção” permite a sequência entre a proposta orçamental e a execução da obra, ou seja, a proposta orçamental pode ser modificada dependendo das situações imprevistas ou trabalhos a mais que ocorram após apresentação da proposta inicial, possibilitando assim, a criação rápida de novos orçamentos e previsões para a obra.

O Sistema Candy permite a importação e exportação de informação para Excel, MSProject e ainda o Primavera P6.

4.2.3. VICO OFFICE FOR TIME



Fig. 19 – Logo do Software Vico [20]

O Vico Office, pertencente à Trimble, é um software projectado para o planeamento de uma obra. A combinação dos três módulos pertencentes do Vico Office (*For Time, For Cost, For Design*) permitem que o planeador planeie, reveja e implemente o seu projeto dentro de um fluxo de trabalho contínuo. Não é necessário fazer qualquer importação ou exportação para passar de um módulo para o próximo e não é preciso nenhuma ligação manual para conectar as diferentes fases de planeamento.

Os cronogramas do projeto são orientados quantitativamente pelo Vico Office for Design e podem ser facilmente otimizados com um dos métodos mais avançados disponíveis, o LOB (Line of Balance), representado graficamente na figura 20; os resultados podem ser revistos imediatamente através do 4D player e as simulações podem ser enviadas para a equipa em obra em qualquer momento. Quando esta fase de planeamento estiver acabada, a ferramenta Controlo de Produção é o próximo para gerir proativamente o plano.

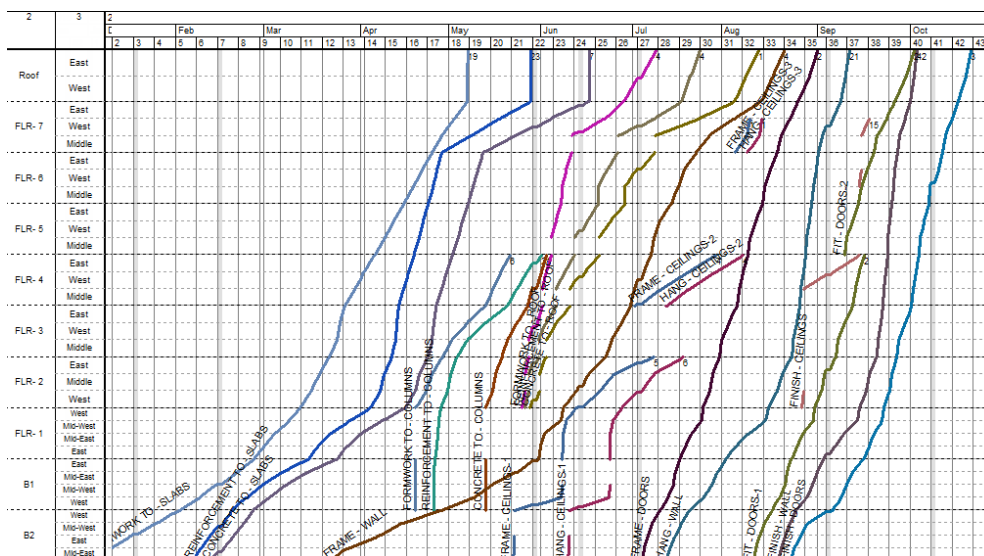


Fig. 20 – Representação gráfica do LOB no VICO [21]

Os elementos de modelos que são quantificados no Vico Office são facilmente transformados em tarefas por localização. Estas tarefas são assim depois indexadas e otimizadas de modo a criar um plano baseado no *Line of Balance*. Ao seguir estes procedimentos, a simulação 4D é um subproduto que é realizada automaticamente sem nenhum trabalho adicional.

As simulações 4D estão-se a tornar ferramentas extremamente vantajosas para a construção, pois possibilitam filtrar e transmitir informação aos consumidores através da conexão entre os aspetos do projeto e os aspetos temporais do projeto. As simulações 4D são muito importantes para um trabalho ter sucesso, pois através da visualização destas, são validados segmentos e sucessões de trabalhos, de modo a estes serem lógicos, e ainda seguindo orientações de segurança.

O trabalho que é feito no *Schedule Planner* está imediatamente disponível para revisão no 4D player. Para alterar algum aspeto, basta modificar a planificação dentro do *Schedule Planner* e rever novamente as alterações na reprodução em 4D para ver se as atualizações são automáticas. A detecção de interferências 3D já é uma prática padrão para coordenação de projetos. O *Schedule* fornece agora a mesma funcionalidade exata para o planeamento de mão-de-obra. Evita-se assim que trabalhadores/técnicos de diferentes especialidades estejam a trabalhar no mesmo espaço ao mesmo tempo.

Outros benefícios podem ser encontrados no planeamento quando as simulações de risco são executadas. Como a cada atividade é associada mão-de-obra, materiais, localização, entre outros, é muito fácil, no *Schedule Planner*, executar várias simulações “*what-if*” para determinar a probabilidade de os trabalhos se realizarem segundo o planeado. O *feedback* visual imediato é fornecido aos usuários por meio de um sistema de semáforo verde / amarelo / vermelho para que eles possam ver exatamente onde são as áreas mais preocupantes na obra.

O Vico tem também a capacidade de executar o controlo de produção através do modo *Production Control*. Usando o *Production Control*, os coordenadores e engenheiros de projeto podem trazer as informações planeadas já para o campo, para monitoramento e tomada de decisão pró-ativa.

Como o *Production Control* inclui detalhes precisos sobre as datas de início / fim e os recursos que atingiram a percentagem associada concluída, um cronograma previsto pode ser mostrado para ajudar os planeadores a entender onde as coisas estão concluídas, pois o trabalho acontece na taxa atual. O planeamento previsto permite que a equipa tome decisões corretivas proativamente antes que ocorra um conflito de cronograma, como trabalhar mais horas, adicionar equipas ou revisar uma sequência de projeto.

O Vico Office foi projetado como um sistema de loop fechado, permitindo que os projetos aproveitem ao máximo as informações históricas. Com os controladores de produção, os programadores ganham o benefício de ver como as atividades de trabalho foram realizadas em projetos anteriores, incluindo a duração real, o tamanho das equipas, a taxa de produtividade, os atrasos imprevistos e muito mais. Aproveitar essas informações históricas fornece agendamentos mais previsíveis para projetos futuros.

4.2.4. NAVISWORKS



Fig. 21 – Logo do Software Navisworks [22]

O Navisworks, pertencente à Autodesk, é também um *software* desenvolvido para o planeamento e controlo de uma obra. O Navisworks consegue agregar todos os dados do projeto num único modelo, a modelação, o factor tempo, custo, recursos, entre outros. Com o Navisworks é possível simular a obra através de simulações 5D, incluídos custos e tempos.

O Autodesk Navisworks pode abrir arquivos originados por uma variedade de aplicativos CAD. Reunindo os dados criados por equipas multidisciplinares, permite assim a exploração e revisão de todo o projeto ainda antes de este começar, mas também em tempo real.

O *software* permite anexar animações de objetos e pontos de vista aos cronogramas de construção, permite reproduzir animações de simulação das tarefas, por exemplo, simular a chegada de material ao estaleiro e o seu depósito, monitorizando os veículos e acessos locais.

A ferramenta *Clash Detective* permite a identificação, inspeção e comunicação efetiva de conflitos no modelo de projeto 3D, evitando assim possíveis complicações futuras na realização de atividades e no fluxo de trabalhos no estaleiro. Na figura 22 podemos ver a deteção de um conflito entre vigas de metal (a vermelho) e uma conduta (a verde).

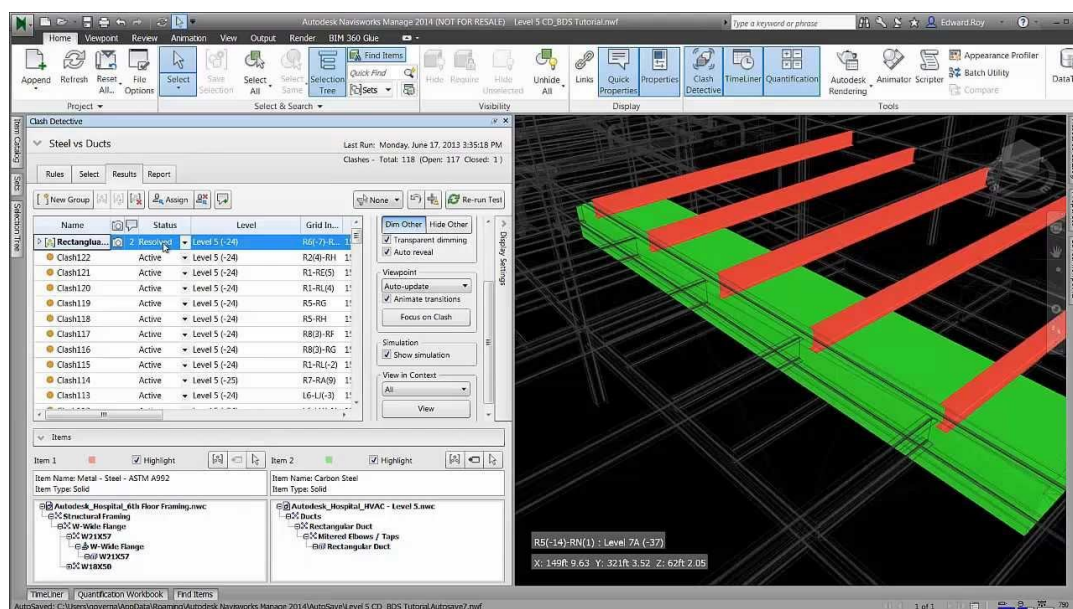


Fig. 22 – Representação gráfica de Deteção de Conflitos no Navisworks [23]

A funcionalidade *2D Takeoff* permite que se meçam distâncias e áreas bastantes precisas de documentos scanizados e PDFs. A geometria é retirada automaticamente para ser depois quantificada no Modo Quantidades. Ao abrir ficheiros 3D, arquivos CAD, o Navisworks lê as unidades diretamente dos arquivos. Se isso não for possível (por exemplo, o arquivo é sem unidade), o Navisworks usa as unidades padrão configuradas para esse tipo de arquivo.

Na figura 23 é possível visualizar o *TimeLiner* onde é exibida a representação gráfica da programação do seu projeto, através do Diagrama de Gantt e alternar entre os gráficos Planeado, Atual e ainda Planeado versus Atual.

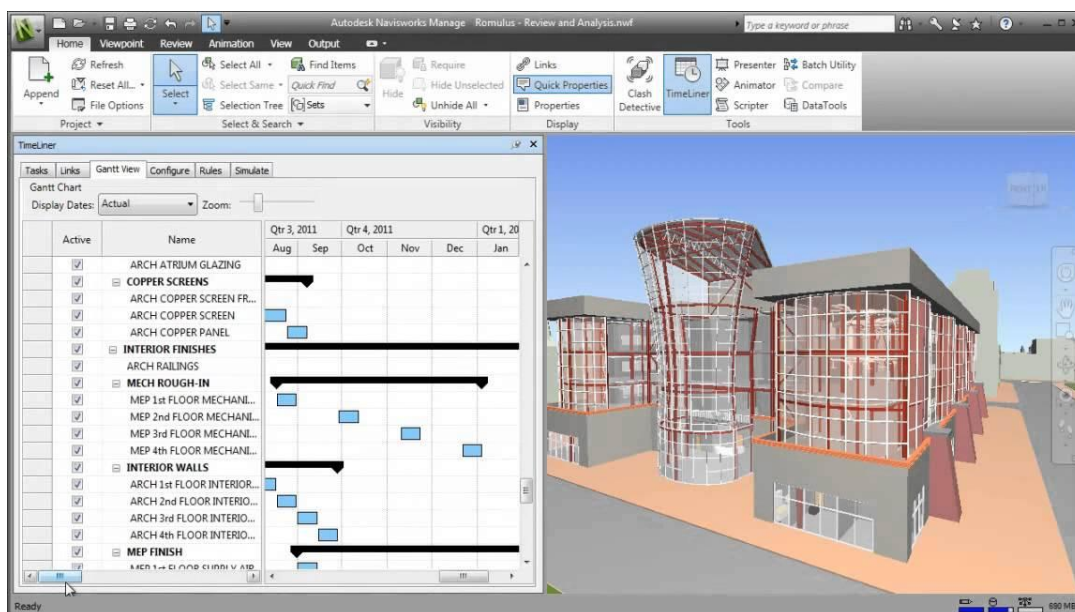


Fig. 23 – Representação do TimeLiner no Navisworks [23]

4.2.5. PRIMAVERA P6



Fig. 24 – Logo do Software Primavera P6 [24]

O Primavera P6, pertencente à Oracle, é um *software* dedicado à planificação e controlo de obras em construção. Esta ferramenta permite o planeamento e controlo da utilização dos recursos materiais e humanos, usar curvas de distribuição para alocação de recursos, criar gráficos de Gantt personalizados, como se pode visualizar na figura 25, fornecendo o caminho crítico, definir as responsabilidades das equipas de trabalho e monitorizar as horas de trabalhos.

Neste software pode-se realizar análises de hipóteses e estudar/comparar planos alternativos com o cronograma atual através do Primavera Expedition.

Agendamento - O Primavera P6 inclui uma variedade de alertas de agendamento e ferramentas de relatório para garantir que o agendamento seja preenchido adequadamente. Como resultado, os gestores de projeto podem ajudar a manter o projeto dentro do cronograma e dentro do orçamento

Gestão de riscos - O Primavera P6 ajuda os gestores de projeto a realizar análises de riscos dentro do cronograma. Isso ajuda ainda mais os gestores a identificar quando os riscos podem ocorrer e quão drasticamente esses riscos podem afetar o cronograma e a linha de base do projeto.

Gestões de recursos - No Primavera P6, os gestores de projeto podem monitorizar de perto o uso de recursos e gerar previsões de mudanças na disponibilidade de recursos. Além disso, o Primavera P6 ajuda os gestores de projeto a identificar quais outros recursos podem ser desviados para manter o projeto no caminho certo.

Gestão de contratos - o Primavera permite que as empresas mantenham o controlo sobre várias tarefas em vários projetos ou programas. Quando um novo projeto se assemelha a um projeto anterior, os gestores de projeto podem copiar informações do banco de dados Oracle em segundos.

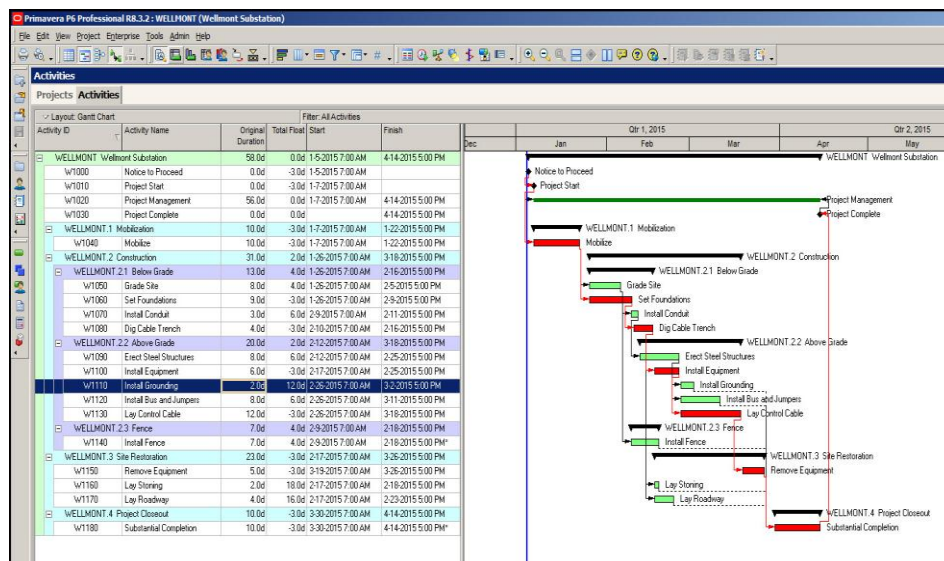


Fig. 25 – Diagrama de Gantt representado no Primavera P6 [25]

O Primavera P6, tendo sido desenvolvido para a gestão de grandes projetos, tem uma capacidade de definição até 100.000 atividades. Possibilita a realização de layouts e fusões de projetos, podendo ser importado e exportado para o Microsoft Project e Excel. O Primavera P6 é considerado bastante seguro pois sendo tendo uma base de dados, nenhuma informação é perdida.

4.2.6. ARQUIMEDES

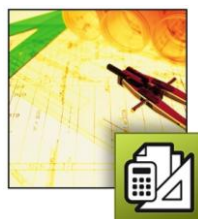


Fig. 26 – Logo do Software Arquimedes CYPE [26]

O *software* Arquimedes, da CYPE, permite gerar documentos do projecto como o Orçamento, Caderno de encargos, Mapa de Trabalhos, Plano de Trabalhos, Cronograma Financeiro, Ficha Técnica da Habitação e ainda Autos de Medição.

O orçamento pode ser elaborado a partir da ligação ao Gerador de Preços, ferramenta informática que permite aos técnicos e responsáveis dos projeto obter preços ajustados à realidade de produtos, equipamentos e soluções construtivas. O Arquimedes permite que o orçamento possua capítulos, subcapítulos, artigos compostos ou simples. Após a introdução do orçamento obtêm-se listagens como o mapa de trabalhos, orçamento, análise de custos, quadros de mão-de-obra, materiais, etc., que poderão ser enviadas ou exportadas para outros programas. A medição pode ser introduzida directamente, ou através da criação de tabelas de medição. Neste último caso, os valores podem resultar da medição feita directamente a partir de ficheiros de CAD (DXF ou DWG) ou imagens (JPGE, JPG, BMP, WMF, EMF e PCX). Podem realizar-se medições de comprimentos lineares, poligonais, perímetros circulares, superfícies rectangulares, poligonais, etc.

O Arquimedes redige, de modo automático, o Caderno de Encargos. Quando o utilizador importa um

artigo do gerador de preços para o orçamento, as especificações gerais e especiais do Caderno de Encargos importam-se em conjunto com o artigo seleccionado sem que o utilizador realize nenhuma operação adicional.

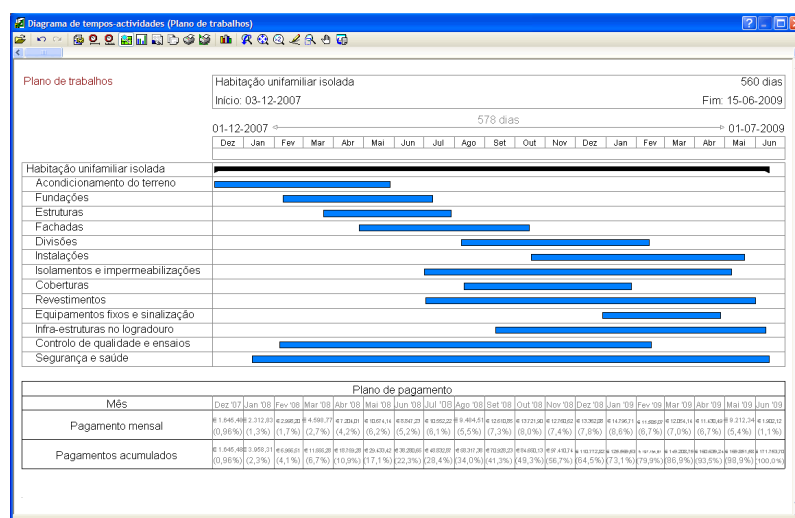


Fig. 27 – Representação do Diagrama de Gantt no Arquimedes CYPE [26]

O *software*, como se pode ver na figura 27, gera o plano de trabalhos (Diagramas de Gantt) com base na estrutura de capítulos, subcapítulos e artigos do orçamento. A partir deste diagrama gera-se automaticamente o plano de pagamentos, cronograma financeiro, cronograma de mão-de-obra, cronograma de materiais e cronograma de maquinaria. Permite inserir, para cada capítulo ou artigo, a quantidade de auto executada em cada mês, directamente ou por percentagem. Geram-se depois listagens de autos e análise de autos onde é possível observar o andamento dos trabalhos. O manual de utilização e manutenção do edifício pode ser obtido a partir da associação de itens a artigos e capítulos. O programa incorpora uma base de dados de instruções de utilização e manutenção editável pelo utilizador

4.2.7. POWERPROJECT



Fig. 28 – Logo do Software Powerproject [27]

O Asta Powerproject, pertence à Elecosoft, é um *software* de calendarização que permite executar diferentes cenários para avaliar a viabilidade de execução e encontrar as melhores soluções; dividir os elementos 3D nas subseções para refletir melhor a sequência de construção e permitir agendamento separado; estudar como o processo de construção aparecerá em diferentes estágios durante o projeto e ainda exportar animações em vídeo e mostrar a visualização da linha do tempo da sequência de construção

Com os modelos de projeto específicos da construção são fornecidos *Templates* de relatório predefinidos, calendários, recursos, entre outros. É possível mostrar apenas as partes do plano relevantes ao ativar e desativar diferentes aspectos do gráfico de barras, por exemplo, float, caminho crítico, entre outros; destacar informações importantes adicionando anotações como texto, imagens, gráficos em JPG e GIF em cores.

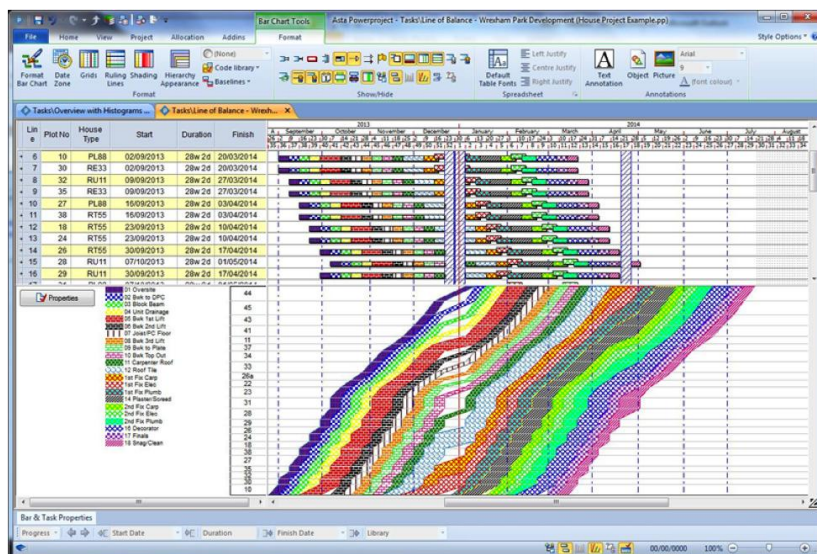


Fig. 29 – Representação da Linha de Balanço (Barra) no Powerproject [28]

É possível registrar o progresso do projeto de maneira rápida e fácil por meio de dispositivos móveis; atualizar o progresso a qualquer momento, em qualquer local. O *software* permite economizar o tempo e espaço através de um gráfico de Gantt ou de uma Linha de Balanço, este representado na figura 29, exibindo tarefas repetidas sobrepostas na mesma linha de barra. Isso evita a necessidade de criar laboriosamente tarefas em dezenas de linhas diferentes ao planejar tarefas.

Possibilita guardar e abrir arquivos que podem ser abertos por outros sistemas de *software* (Microsoft Project, Oracle Primavera P3 e P6 e SureTrak); O Asta Powerproject BIM permite criar um ambiente de planeamento 4D revendo o modelo 3D ao longo do tempo, tudo dentro de um sistema de gestão de projetos. O arquivo e o agendamento IFC combinados interagem de forma suave e eficaz, eliminando o risco de erro humano e acelerando o processo de vinculação.

4.3. COMPARAÇÃO ENTRE SOFTWARE

Após a breve descrição das ferramentas informáticas acima mencionadas, segue na tabela 2 uma análise comparativa entre os diversos *software* em relação às funcionalidades que estes apresentam.

Tab. 2 – Tabela Comparativa das funcionalidades de software de Planeamento e Controlo

	Diagrama de Gantt	Linha de Balanço	Afetação de Custos	Afetação de Recursos	Exportação para Excel	Importação de Modelos CAD
MSPProject	✓		✓	✓	✓	
CCS Candy	✓	✓	✓	✓	✓	
Vico Office	✓	✓	✓	✓		
Navisworks	✓		✓	✓		✓
Primavera P6	✓		✓	✓	✓	
Arquimedes	✓		✓	✓		✓
Powerproject	✓	✓	✓	✓		

	Deteção de Colisão	Interoperabilidade	Anotação de Dados às tarefas	Facultação de diversos Relatórios	Simulação através de Modelos 4D
MSPProject		✓	✓	✓	
CCS Candy		✓	✓	✓	
Vico Office	✓	✓	✓	✓	✓
Navisworks	✓	✓	✓	✓	✓
Primavera P6		✓	✓	✓	
Arquimedes		✓	✓	✓	
Powerproject		✓	✓	✓	✓

Para a comparação de *software* escolheram-se as funcionalidades que se entenderam serem mais pertinentes para a avaliação de programas de Planeamento e Controlo de uma obra, mas também relacionadas com o tema desta dissertação. As funcionalidades foram as seguintes:

- Diagrama de Gantt: Possibilidade de planear uma obra segundo o método de Diagrama de Gantt;
- Linha de Balanço: Possibilidade de planear uma obra segundo o método de Linha de Balanço;
- Afetação de Custos: Capacidade de associar custos diretos/indiretos às tarefas da obra;
- Afetação de Recursos: Capacidade de associar recursos materiais e humanos às tarefas da obra;
- Exportação para Excel: Possibilidade de exportar relatórios e layouts para Excel;
- Importação de Modelos CAD: Possibilidade de realizar medições feitas directamente a partir de ficheiros de CAD (DXF ou DWG) ou imagens (JPGE, JPG, BMP, etc.);
- Deteção de Colisão: Capacidade de identificar conflitos num modelo 3D da obra;
- Interoperabilidade: Possibilidade de importar e exportar ficheiros de outros *software*;
- Anotação de dados às tarefas: Possibilidade de anexar apontamentos e fotos às tarefas;
- Facultação de diversos relatórios: Capacidade do programa fornecer diversos relatórios relevantes sobre a obra como por exemplo, plano de pagamentos, cronograma financeiro, cronograma de mão-de-obra, cronograma de materiais e cronograma de maquinaria, entre outros;
- Simulação através de Modelos 4D: Capacidade de simular e rever o faseamento de um modelo 3D de uma obra.

A verificação das funcionalidades dos programas utilizados nesta dissertação - MSPProject, CCS Candy e Powerproject – foi objectivamente efetuada utilizando manualmente estes *software* tal como se poderá ver no próximo capítulo. Relativamente aos restantes *software* a verificação das funcionalidades foi realizada através da pesquisa dos sites dos respetivos programas. É notável que é bastante comum nestes *software* a possibilidade de alocação de recursos e custos às atividades, a facultação de relatórios sobre o estado da obra, a evolução dos recursos gastos, entre outros aspetos. A integração entre as próprias ferramentas programáticas é também algo já bastante usual. Confirma-se que o método de Gantt continua a ser o método mais utilizado nos *software* sendo que é usado na globalidade das ferramentas informáticas. Apesar de algumas ferramentas já adotarem o método da

Linha de Balanço, são ainda poucos os *software* que oferecem e possibilitam o planeamento de uma obra através deste método. Ainda que sejam necessárias as devidas licenças de utilização de software das respetivas empresas, todas elas concedem um tempo de experimentação, sendo que nalguns o tempo de experimentação é automático, mas noutras é necessário fazer um pedido de requisição para o tempo de teste do software.

5

APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS EM CASOS DE ESTUDO

5.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresentam-se o planeamento e o controlo relativos à execução de 2 obras, sendo o 1º caso de estudo, uma edificação na rua Sá da Bandeira e o 2º caso de estudo na rua do Almada, ambas na baixa Portuense. Após o estudo do Mapa de Trabalhos e Quantidades (MTQ) e do planeamento em MSProject fornecidos pelos empreiteiros, realizaram-se os planeamentos recorrendo ao método de Linha de Balanço através dos *software* CCS Candy e Powerproject. O objetivo pretendido foi a elaboração do planeamento dos trabalhos a executar nas obras através do LOB, tendo sido no final expostos tanto os benefícios como as limitações deste método em comparação com o método CPM, mas também comentários sobre a integração e a utilização das ferramentas informáticas usadas ao longo da dissertação. Faz-se também o enquadramento e descrição das obras, relatadas as visitas às obras, estudados os mapas de trabalhos e quantidades (MTQ) de cada obra e o planeamento dos trabalhos através do MSProject; realizado o tratamento dos dados através dos distintos programas, encerrando o capítulo com a análise comparativa da gestão do planeamento pelos diferentes métodos, bem como a comparação entre os programas. É importante referir que na análise do planeamento e controlo dos casos de estudo não foi possível considerar os custos e os recursos alocados às tarefas por razões de sigilo profissional das empreitadas, pelo que foram somente estudadas as Estruturas Analíticas de cada Projeto e as relações de precedências das tarefas, com o intuito de analisar os fluxos de trabalhos nas obras ao longo dos diferentes pisos.

5.2. VISITAS ÀS OBRAS

Para a análise dos casos de estudo, ambas as obras foram visitadas entre os meses de Maio, Junho e Julho perfazendo um total de 4 visitas a cada uma. As visitas à obra da rua Sá da Bandeira sucederam-se quando estavam em curso trabalhos da fase de Arquitetura e restantes Especialidades, por outro lado, nas visitas à obra da rua do Almada, a obra encontrava-se ainda na fase de reforços estruturais.

As visitas foram sempre acompanhadas, ou por projetistas da obra, ou por engenheiros, encarregados e diretores de obra. Nas visitas conheceram-se os edifícios, percebeu-se o seu enquadramento e qual a sua finalidade, em ambos os casos comércio e habitação. Foi também possível entender o estaleiro, compreender os aspetos condicionantes da obra e do planeamento, visualizar alguns pormenores técnicos da obra que mais à frente serão referidos. Foi possível recolher material fotográfico da obra. Mesmo fora de obra, foi sempre possível contactar os diretores de obra e os responsáveis da obra através de email ou telefone, a fim de tirar eventuais dúvidas.

5.3. PLANEAMENTO DAS OBRAS UTILIZANDO O MÉTODO CPM

O planeamento das obras segundo a técnica CPM iniciou-se a partir da definição da Estrutura Analítica do projeto (EAP), enunciado-se assim todas as atividades necessárias para execução da obra, dados estes que foram retirados do Mapa de Tarefas e Quantidades (MTQ). Como suporte computacional ao planeamento segundo este método, utilizou-se o *software* MSProject.

A definição das atividades teve em conta as tarefas envolvidas no processo construtivo de uma unidade de repetição, neste caso, cada piso. Assim as durações de cada atividade foram calculadas através da divisão da duração total da tarefa normalmente representada num diagrama de Gantt pelo número de vezes que a tarefa se repetia nos diferentes pisos da obra. Por exemplo, considerando uma edificação de 3 pisos e a atividade “Soalho”, nos diferentes métodos, a atividade terá as seguintes durações:

- Diagrama de Gantt
Tarefa – Soalho: 15 dias
- LOB
Piso 1 - Soalho: 5 dias
Piso 2 - Soalho: 5 dias
Piso 3 - Soalho: 5 dias

Certas atividades foram agrupadas quando introduzidas no MSProject a fim de facilitar o planeamento e controlo do projecto. Para a determinação da duração destas, somaram-se as durações de cada atividade. Para cada atividade, definiram-se os relacionamentos de precedência ou sequencialização lógica de atividades segundo critérios de processo executivos e de sincronismo das equipas.

Na criação dos projetos no MSProject, consideraram-se 5 dias de trabalho semanais sendo 8 o número de horas de trabalho diárias. Para representar o período de férias ou mesmo a suspensão de trabalhos devido a alguma questão de logística, foi criada em cada projeto a atividade “Suspensão de Trabalhos” contendo cada uma a respetiva duração.

Após a introdução de todas as atividades planeadas, determinadas as respetivas durações e realizado o encadeamento de tarefas, obteve-se o primeiro Diagrama de Gantt para cada obra no MSProject que mostrou simultaneamente o Caminho Crítico gerado. O planeamento proveniente do MSProject foi posteriormente importado nos programas CCS Candy e Powerproject de modo a examinar o planeamento das obras através do método LOB.

5.4. PLANEAMENTO DAS OBRAS UTILIZANDO O MÉTODO LOB

O planeamento e controlo das obras segundo a técnica LOB esteve diretamente ligado às etapas realizadas no planeamento CPM. Com o EAP definido, as durações calculadas e a devida sequencialização das atividades provenientes do planeamento CPM, o próximo passo foi a construção do gráfico da Linha de Balanço, recorrendo aos *software* CCS Candy e o Powerproject.

Inicialmente, foram introduzidas as mesmas atividades do EAP estabelecidas no método CPM/PERT em cada *software*, no entanto, a existência de muitas atividades em cada projeto, a rondar entre as 100 e as 150, levantou problemas na capacidade dos *software* representar o planeamento através do Diagrama Tempo-Localização. Não se conseguiu perceber se esta dificuldade surgiu devido à própria capacidade de processamento dos *software* ou devido à capacidade de processamento do computador utilizado. Devido a este imprevisto, teve-se que modificar a EAP de ambas as obras em

macroatividades de modo a diminuir a quantidade de processamento de dados a que os *software* estariam sujeitos.

Em ambos os *software*, na criação dos projetos foram considerados também 5 dias de trabalho semanais sendo 8 o número de horas diárias de trabalho.

No *software* CCS Candy, para a representação do Diagrama Tempo-Localização, tiveram que ser inseridas as localizações correspondentes de cada obra no projeto, no entanto, no Powerproject, o programa contém já localizações pré-definidas sendo possível editar e adicionar ainda mais localizações.

Após a remodelação da EAP de cada caso de estudo, prosseguiu-se com a introdução dos dados nos *software*. Depois de inseridas as atividades, as durações e as razões de precedências, foram indexadas as localizações de cada atividade a cada piso.

Para uma melhor visualização do planeamento da obra, os gráficos foram impressos numa escala que facilitasse a visualização possuindo assim um menor nível de detalhe das atividades quando comparada ao método CPM.

Após a obtenção dos planeamentos LOB de cada obra, procedeu-se à análise crítica da representação gráfica dos planeamentos, referindo os pontos fortes e as fragilidades encontradas na interpretação gráfica de cada planeamento, prosseguindo-se posteriormente sobre avaliação pessoal sobre a aplicação das ferramentas informáticas

5.5. CASO DE ESTUDO 1 – EDIFICAÇÃO NA RUA SÁ DA BANDEIRA

5.5.1. ENQUADRAMENTO

Este caso de estudo foi de uma obra de alteração/ampliação de um prédio situado na baixa do Porto entre a rua Sá da Bandeira e a rua do Ateneu Comercial do Porto estando a localização exata representada na figura 30. O projeto foi licenciado para terminar em 275 dias, aproximadamente 9 meses, sendo constituído por 4 pisos acima da cota de soleira, um abaixo desta e um logradouro na parte posterior, tendo o terreno tem uma área total de 243 m².

O imóvel em questão, de construção tradicional e anterior a 1951, apresentava todas as características de um prédio do Porto do Séc. XIX: fachadas e paredes de meação em alvenaria de pedra; estrutura dos pisos em vigas de madeira revestidas a soalho maciço; escadaria central em madeira, cobertura com estrutura em madeira revestida com telha marselha assente sobre ripado; e fachada frontal revestida a azulejo de fabrico artesanal.

Do ponto de vista do estado de conservação, o prédio encontrava-se bastante degradado, necessitando de uma intervenção profunda, nomeadamente nas componentes estruturais de todos os pisos (vigas de madeira) e da cobertura, que necessitou de uma renovação completa.

O edifício funcionava como armazém, pelo que pareceu oportuno alterar não só questões relacionadas com a melhoria da salubridade, ventilação e eficiência térmica do edifício, como também adaptar-se a escala à nova função de habitação.

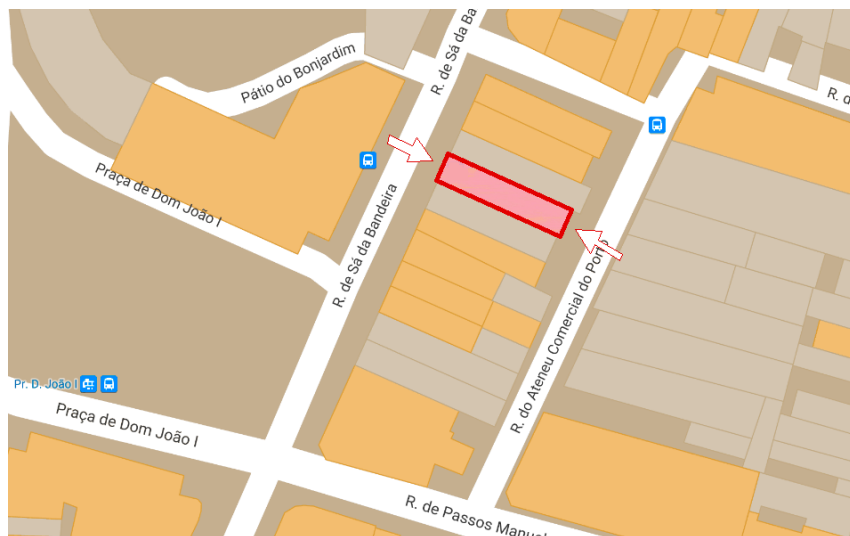


Fig. 30 – Localização da Obra 1 (a vermelho) e acessos principais (setas) [29]

O seu vasto comprimento impedia que se pudessem fazer apartamentos com luz natural, deste modo, a fim de garantir que as questões de salubridade fiquassem salvaguardadas, foi proposta a criação de um saguão com cerca de 17 m² garantindo desse modo que cada apartamento tenha a possibilidade de ventilação transversal, bem como de duas frentes com luz natural.

Nos grandes espaços com pés direitos altos, foi sugerida a criação de mezzanines, proporcionando espaços mais confortáveis e mais próximos de uma nova função de habitação contemporânea.



Fig. 31 – Proposta de Piso Recuado

Fazendo este edifício parte de um conjunto de três edifícios, foi proposto também a criação de um piso recuado, alinhado pelo piso recuado já existente do edifício vizinho, mantendo a mesma leitura com a cobertura plana como se pode ver na figura 31. No conjunto, este edifício passou a ser constituído por

quatro pisos acima da cota de soleira e um piso abaixo. A zona destinada a comércio localiza-se no piso abaixo de cota de soleira e no primeiro piso acima da cota de soleira, mantendo dois acessos, um pela rua Sá da Bandeira e outro pela Rua do Ateneu Comercial do Porto.

5.5.2. DESCRIÇÃO DA OBRA

Os seguintes dados relativos à construção da obra foram fornecidos pelo empreiteiro. Sintetizou-se na tabela 3 a comparação entre a construção existente e a nova construção nos aspetos mais relevantes. A tabela 4 descreveu o tipo de ocupação de cada piso acompanhada de seguida por representações meramente ilustrativas das plantas de cada piso nas figuras 32 e 33.

Tab. 3 – Parâmetros comparativos na construção da Rua Sá da Bandeira

	Construção Existente	Construção Nova
Área do Logradouro Traseiras (m ²)	53	53
Área de Pátio (m ²)	—	17
Área de Construção (m ²)	794	1134
Área de Impermeabilização (m ²)	240	218
Nº de Pisos acima da cota de soleira	3	4
Nº de Pisos abaixo da cota de soleira	1	1
Cércea Rua Sá da Bandeira (m)	15,70	18,46
Cércea Rua Ateneu Comercial do Porto (m)	18,10	20,96
Cota de Soleira (m)	74,60	74,60

Tab. 4 – Tipo da nova ocupação por piso na edificação da Rua Sá da Bandeira

Piso	Tipo de ocupação
- 1	Loja / Entrada para as Habitações
0	Loja
1	Duas habitações (tipologia T2) / Pátio
2	Duas habitações (tipologia T2)
3	Uma habitação (tipologia T3)

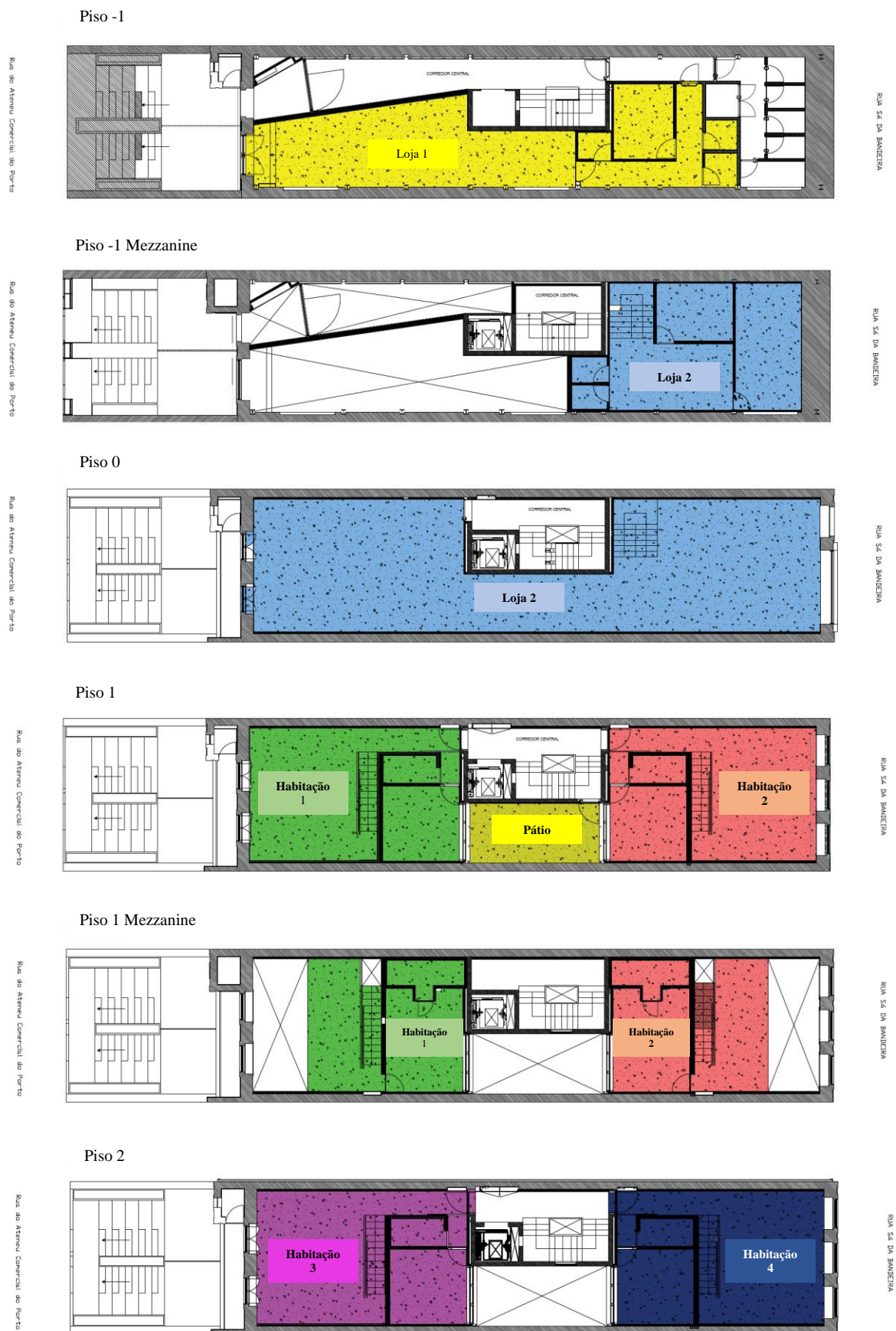


Fig. 32 – Plantas de cada Piso e a sua Utilização da Obra Sá da Bandeira



Fig. 33 – Restantes Plantas de cada Piso e a sua Utilização da Obra Sá da Bandeira

5.5.3. ESTRATÉGIA DE ESTALEIRO E EXECUÇÃO DE OBRA

Como se pode ver na figura 34, a obra iniciou-se com a montagem de estaleiro. De seguida, veio a fase de demolições, onde a cobertura e todos os pisos foram demolidos deixando apenas as fachadas exteriores intactas e algumas vigas pontuais para fazer o travamento das paredes de meiação. Depois das demolições estarem realizadas, segundo o planeamento fornecido, foram suspensos os trabalhos devido ao período de férias de Verão. Com a retoma da execução de trabalhos, foram feitas escavações e realizadas as fundações pelo que a partir daí começou a criar-se a infraestrutura do edifício. A fase de estrutura do edifício foi constituída pela betonagem da caixa de escadas/ elevador, do piso 3 e cobertura, sendo os pisos à base de lajes colaborantes. Verificou-se que o estaleiro da obra era quase inexistente, o espaço de trabalhos era muito pequeno, problema comum em obras de reabilitação em centros urbanos densos. O único acesso ao estaleiro fez-se pela Rua do Ateneu Comercial do Porto. Era lá que se situava a entrada e saída de pessoal, materiais e equipamentos.

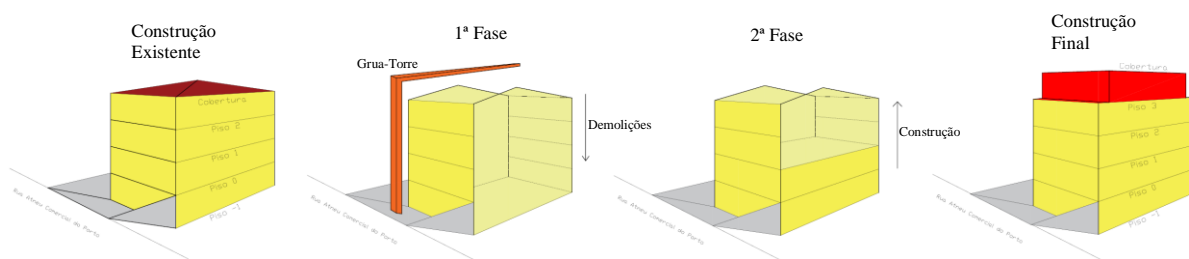


Fig. 34 – Representação da Execução do Edifício e da Ampliação do Edifício Existente (a vermelho)

O estaleiro possuiu 2 etapas distintas:

- 1ª Fase - Demolição e posterior construção da infraestrutura;
- 2ª Fase – Arquitetura e restantes Especialidades.

Na 1ª Fase do estaleiro, representada na figura 35 e 36, a área total do estaleiro destinou-se primeiramente a depósitos oriundos da demolição. Acabada a demolição foi necessário implantar uma área de elevação de materiais, neste caso uma grua torre, tendo sido necessário ocupar o passeio da rua do Ateneu Comercial do Porto, sendo o restante espaço, local de armazenagem de materiais à medida que a edificação se elevava.

1ª Fase

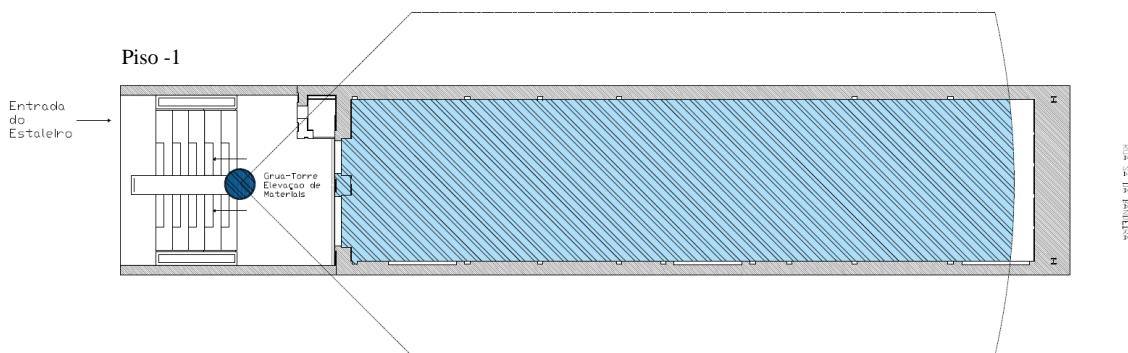


Fig. 35 – Planta do estaleiro da obra Sá da Bandeira na 1ª Fase



Fig. 36 – Estaleiro na 1ª Fase

O tratamento dos resíduos era realizado através da separação dos detritos (madeira, sucata, telhas e terras) e o seu devido transporte para um vazadouro quando necessário através de camião. O estaleiro continha 2 dispositivos de segurança: alarme – detetor de movimento e segurança noturno.

Na 2ª Fase de estaleiro, a grua torre foi retirada sendo que é visível através da figura 37 que o estaleiro se dividiu nas seguintes áreas:

- Depósitos e armazéns.
- Meios de carga/descarga e elevação e transporte interno;
- Instalações administrativas;
- Espaço Social;

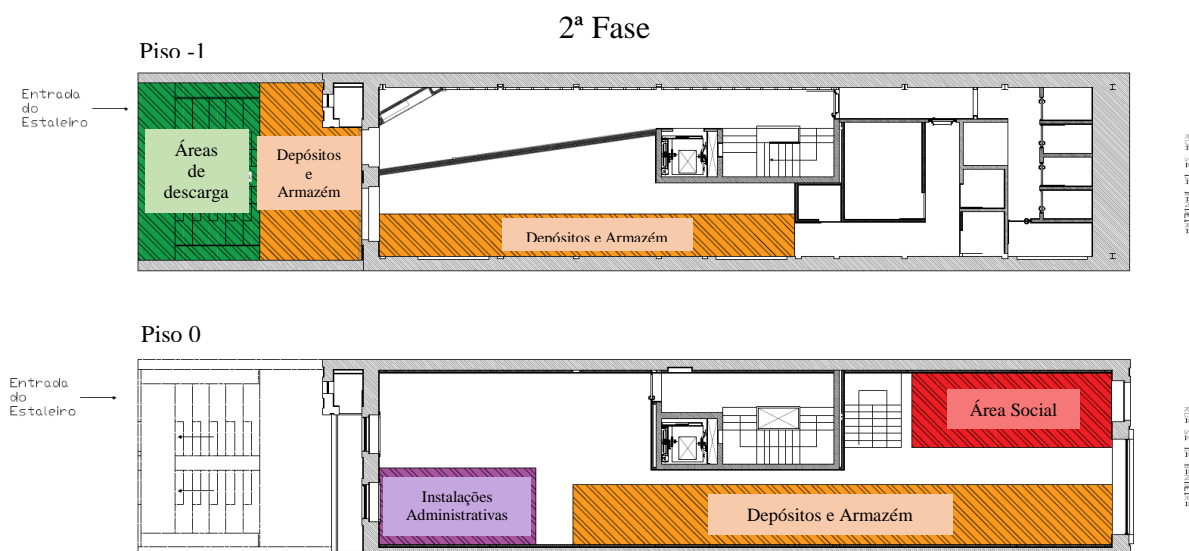


Fig. 37 – Planta do estaleiro da obra Sá da Bandeira na 2ª Fase

O logradouro foi então destinado ao depósito de materiais necessários à obra (a verde na figura 37). O armazenamento dos materiais encontrava-se também no logradouro para materiais resistentes ao clima (chuvas, vento, etc), e os materiais mais frágeis eram armazenados já dentro da edificação, principalmente no piso -1, sendo transportados para os respetivos pisos apenas quando necessário. No piso 0, encontrava-se a instalação administrativa (a roxo na figura 37) onde se realizavam as reuniões e se encontrava o gabinete dos engenheiros e coordenadores; a área social (a vermelho na figura 37) onde os trabalhadores podiam deixar os seus pertences, comer e descansar, existindo ainda uma área para armazenamento de materiais. Com a falta da grua torre, foi implantado um guincho no último piso, visível na figura 38, para o auxílio de elevação de materiais para os pisos superiores.

A fase de arquitetura seguiu a lógica normal de trabalhos, após a realização da estrutura do edifício realizaram-se as alvenarias e divisórias interiores em gesso cartonado, de seguida foram instaladas as diferentes redes prediais, prosseguindo-se a execução dos acabamentos interiores e revestimentos como por exemplo, pavimentos e rebocos, acabando os trabalhos com a colocação de equipamentos, carpintarias e acabamentos exteriores.

É importante referir que devido ao Piso -1 e Piso 0 da obra se destinarem a Comércio, o trabalho de Acabamentos Interiores nestes pisos foi realizado apenas nas zonas comuns aos moradores – Entrada, Escadas e Elevador - deixando assim esta tarefa para os comerciantes que ocuparão os pisos.

Segundo o Diretor de obra normalmente estiveram alocados cerca de 20 a 25 trabalhadores por dia, sendo difícil a logística dos trabalhos devido principalmente à falta de espaço do estaleiro e ao grande fluxo de trabalhos.

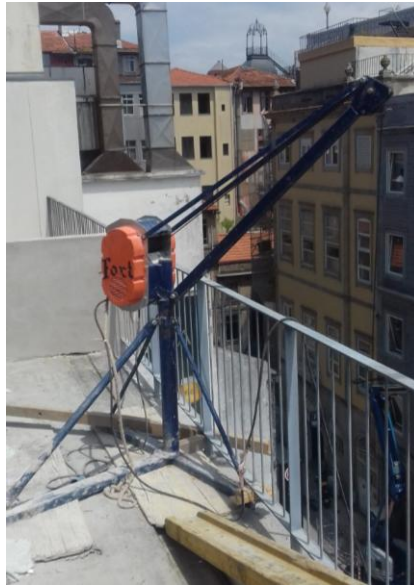


Fig. 38 – Colocação de um guincho no Piso 3

5.5.4. PLANEAMENTO DA OBRA ATRAVÉS DA TÉCNICA CPM

Como anteriormente referido, através do MTQ disponibilizado, foram primeiramente esquematizadas as principais atividades que seriam representadas na EAP da obra. Assim, as principais atividades destacadas foram as seguintes:

- Consignação (Marco)
- Demolições
- Suspensão de Trabalhos (Férias)
- Construção
 - Estrutura
 - Alvenaria
 - Divisões Leves
 - Revestimentos
 - Revestimentos de Tetos
 - Reboco de Paredes
 - Betonilhas em Pavimentos
 - Instalações
 - Redes
 - Hidráulicas
 - Elétricas e Telecomunicações
 - Gás
 - AVAC
 - Enfiamentos, Equipamentos e Aparelhagens
 - Hidráulicas
 - Elétricas e Telecomunicações
 - Gás
 - AVAC
 - Elevador
 - Acabamentos Interiores

- Caixilharias
- Carpintarias
- Pavimentos
- Pinturas e Vernizes
- Acabamentos Exteriores
 - Paredes
- Entrega da Obra (Marco)

Após a importação dos dados para o *software* MSProject, este apresentou o planeamento CPM da obra através de um Diagrama de Gantt da Obra como se pode ver no **Anexo A1**.

A possibilidade de destacar o caminho crítico gerado do planeamento de trabalhos foi simples, como se pode ver na figura 39.

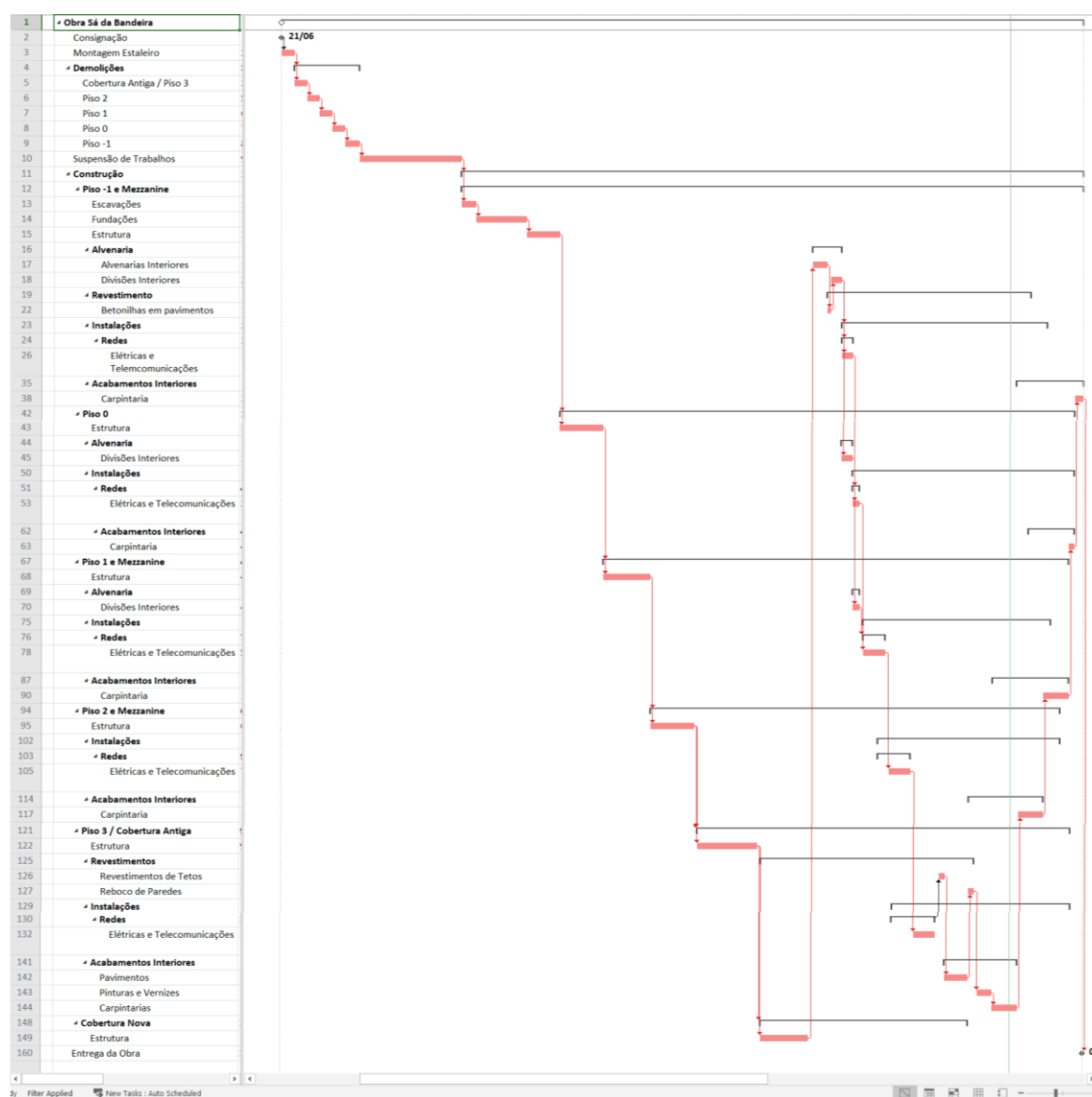


Fig. 39 – Caminho crítico da Obra de Sá da Bandeira através do Diagrama de Gantt no MSProject

5.5.5. PLANEAMENTO DA OBRA ATRAVÉS DA TÉCNICA LOB

Devido às dificuldades imprevistas na utilização dos *software* anteriormente referidas, teve-se que modificar a EAP da obra. A remodelação desta resultou nas seguintes Macroatividades:

- Consignação (Marco)
- Demolições
- Suspensão de Trabalhos (Férias)
- Construção
 - Estrutura
 - Alvenaria e Divisões Interiores
 - Revestimentos
 - Instalações
 - Redes
 - Enfiamentos, Equipamentos e Aparelhagens
 - Acabamentos Interiores
 - Acabamentos Exteriores
- Entrega da Obra (Marco)

A introdução das macroatividades e a visualização dos planeamentos CPM de cada um dos programas pode ser visto nos **Anexos A3 e A4**.

As representações gráficas dos planeamentos através do LOB de cada obra nos diferentes programas estão representadas nas figuras 40 e 41.

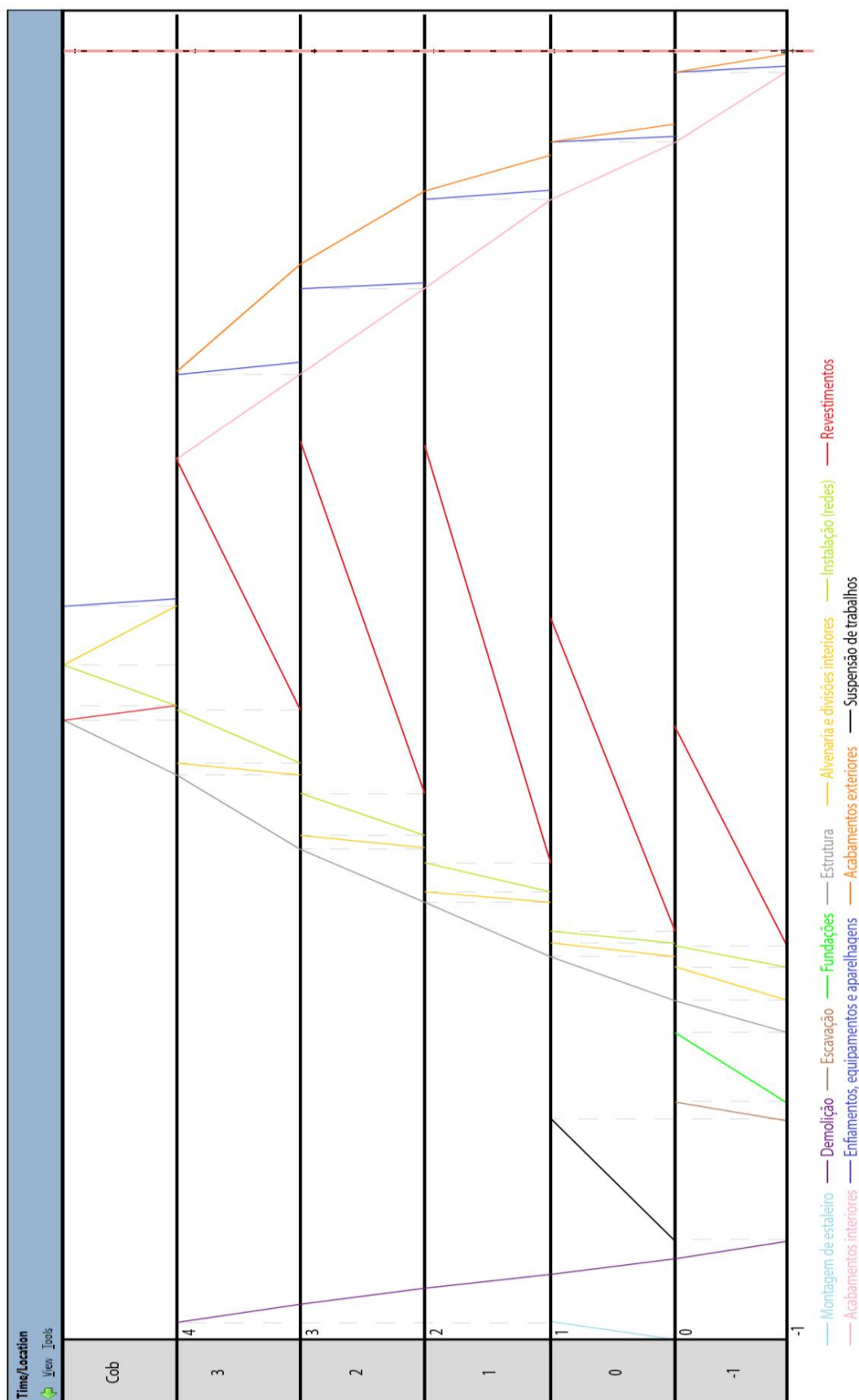


Fig. 40 – Representação LOB da Obra de Sá da Bandeira no CCS Candy

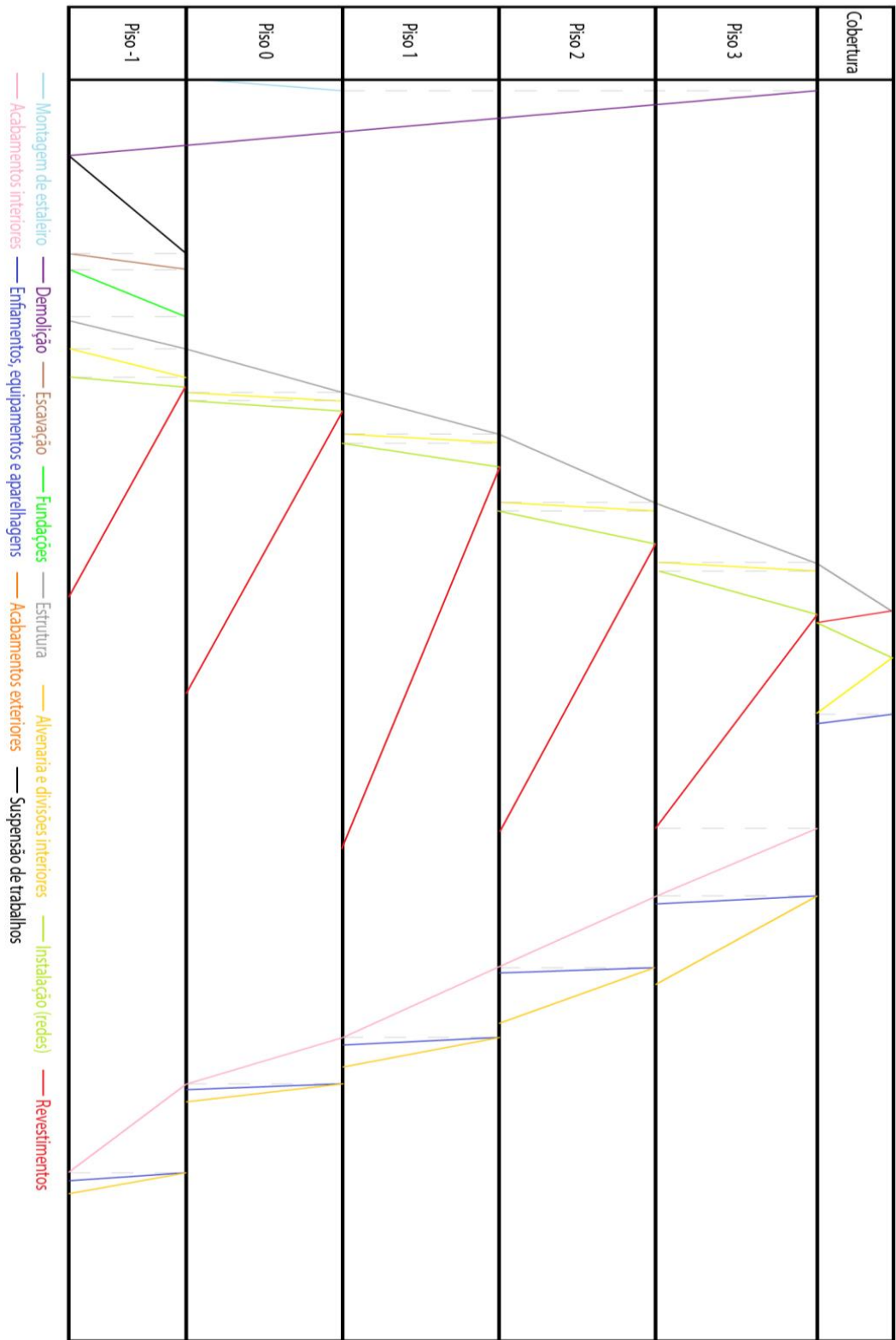


Fig. 41 - Representação L.O.B da Obra de Sá da Bandeira no Powerproject

Em ambos os *software* a representação gráfica foi muito minimalista pelo que foi necessário um retoque nos gráficos de modo a entender-se claramente o planeamento. À primeira vista foi visível o diminuto nível de detalhe que o Diagrama Localização-Tempo fornece. Foi perceptível a quantidade limitada de informações que nos foi apresentada, culpa também do agrupamento necessário em macroatividades dos EAP das obras. Este nível de detalhe apresentado pode ser tanto favorável para o entendimento de informações, rápido e claro na execução de trabalhos, mas desfavorável quando necessário o detalhe na execução de trabalhos.

Os gráficos mostraram claramente a lógica de trabalhos na execução de uma obra, ou seja, as linhas com inclinação negativa (descendentes) revelaram trabalhos que são executados, de cima para baixo numa obra e as linhas com inclinação positiva (ascendentes) representam os trabalhos que são realizados do piso inferior para o superior. Foi visível também a continuação de alguns trabalhos ao longo dos pisos, no entanto, ambos os planeamentos das obras revelaram várias paragens nos seguimentos de cada atividade, determinando assim as folgas entre a execução da mesma tarefa ao longo dos pisos. A grande vantagem na representação LOB de um planeamento é precisamente evitar estes “estrangulamentos” constantes na execução de uma obra, pelo que é possível uma alteração do presseguimento de trabalhos de modo a otimizar os mesmos ajustando os de ritmos de execução de com o objetivo de reduzir a variabilidade do fluxo de trabalho e consequentemente a redução de desperdícios e tempo de duração da atividade.

Importante referir que nenhum dos *Software* nos facultou o caminho crítico na representação LOB do projeto, mas apenas na representação CPM dos planeamentos que podem ser vistos nos **Anexos A3 e A4**.

Em ambos os projetos a atividade “Revestimentos” teve uma duração excessiva em vários pisos. Isto ficou a dever-se ao agrupamento das Macroatividades. Dentro desta atividade encontravam-se as seguintes tarefas: Revestimentos de Tetos; Reboco de Paredes e Betonilhas em Pavimentos. Sendo que a atividade “Reboco de Paredes” concretizou-se apenas depois do término da atividade “Pavimentos”, a duração da Macroatividade em cada piso, arrastou-se até à Macroatividade “Acabamentos Interiores”.

5.6. CASO DE ESTUDO 2 – EDIFICAÇÃO NA RUA ALMADA

5.6.1. ENQUANDRAMENTO

Este caso de estudo era uma obra de alteração/ampliação de um prédio situado na baixa do Porto na rua do Almada, sendo visível a sua exata localização na figura 44. O projeto foi licenciado para terminar em 425 dias, sendo constituído por 3 pisos acima da cota de soleira, tendo o terreno uma área total de 318 m².

Pretendeu-se que o edifício tivesse o mesmo tipo de utilização anteriormente prevista, área comercial no Piso 0 dividida em duas frações, e área de habitação nos pisos superiores, distribuindo-se apartamentos pelos diferentes pisos.

Ambas as frações de comércio têm acesso direto e independente pela Rua do Almada e ao logradouro como se pode ver na figura 42. Entre as duas frações, e com entrada pela porta central a recuperar, foi feito o acesso comum às frações de habitação, pela escada pré-existente ou elevador, e ao espaço de logradouro pela porta existente ao fundo do corredor, na fachada traseira.



Fig. 42 – Entrada do Estaleiro feito diretamente pela entrada da Loja 1

Como é visível na figura 43, ao nível do Piso 1, previu-se uma reformulação da volumetria ampliada para além do plano da fachada posterior, assumindo a sua contemporaneidade e ao mesmo tempo materializado-a de forma leve e ligeira, através de uma estrutura esbelta, de ferro e vidro com cobertura de zinco à cor antracite. Esta nova construção pousa sobre a varanda pré-existente de pedra, fazendo a ponte entre o edifício principal e o jardim à cota do mesmo piso.

Relativamente ao piso 2, foi estabelecido um prolongamento volumétrico, perfazendo, com o mesmo alinhamento, a totalidade da extensão da fachada tardoz.

Procurou-se manter a caracterização original dos elementos principais constituintes, passando pela estrutura de pisos, tipo de pavimento, constituição de vãos exteriores. Pretendeu-se preservar o desenho e materialidade da caixilharia original, em madeira, sendo substituída por réplicas que iriam possuir vidro duplo para melhoria do conforto térmico e acústico dos espaços interiores.

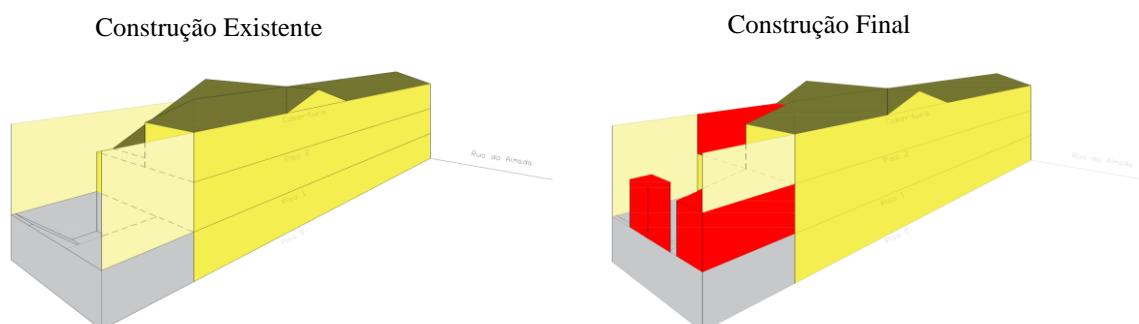


Fig. 43 – Representação da Ampliação do Edifício Existente (a vermelho)

O logradouro foi dividido em duas áreas a cotas distintas, a primeira, junto ao edifício principal, nivelado à cota do piso R/C, e a que lhe seguiu no lado poente, que se encontra praticamente nivelada com a cota do Piso 1 do edifício principal, onde está previsto a construção de uma outra edificação que causou implicações no planeamento total desta obra. Com efeito, o acesso de todo o material e maquinaria necessário para este futuro edificado, será feito pelo piso 0 do 1º edifício. Esta futura obra alojada no logradouro implicou a uma suspensão de trabalhos de aproximadamente 5 meses, que interrompeu a progressão dos trabalhos no piso 0, pois os acabamentos interiores e exteriores do mesmo, só seriam realizados quando a obra do logradouro o permitisse.

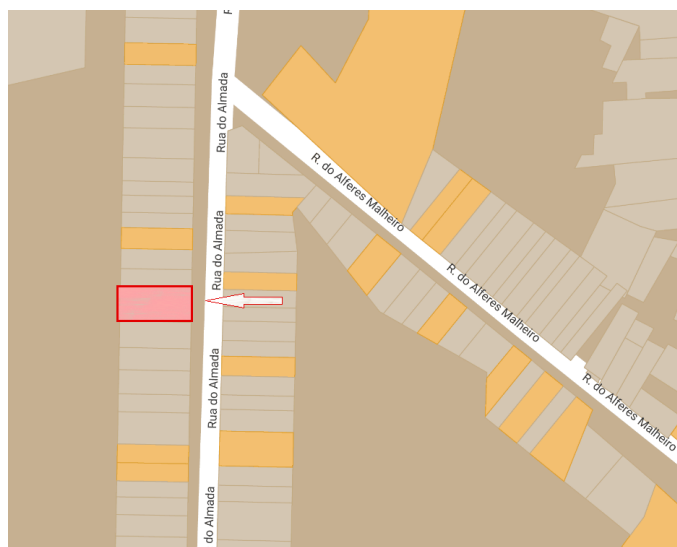


Fig. 44 - Localização da Obra 2 (a vermelho) e acesso principal (seta) [29]

5.6.2. DESCRIÇÃO DA OBRA

Foram fornecidos pelo empreiteiro diversos dados relativos à obra. Sintetizou-se na tabela 5 a comparação entre a construção existente e a nova construção nos aspetos mais relevantes. Na tabela 6 descreve-se o tipo de ocupação de cada piso acompanhada de representações meramente ilustrativas das plantas de cada piso na figura 45.

Tab. 5 - Parâmetros comparativos na construção da Rua do Almada

	Construção Existente	Construção Nova
Área do Logradouro Traseiras (m ²)	53	53
Área de Construção (m ²)	936	720
Área de Impermeabilização (m ²)	440	305
Nº de Pisos acima da cota de soleira	3	3
Nº de Pisos abaixo da cota de soleira	0	0
Cércea Rua do Almada (m)	11	11
Cota de Soleira (m)	103	103

Tab. 6 – Tipo da nova ocupação por piso na edificação da Rua do Almada

Piso	Tipo de ocupação
0	2 Lojas / Entrada para as Habitações e Logradouro
1	Duas habitações (tipologia T1)
2	Três habitações (tipologia T0)



Fig. 45 – Plantas de cada Piso e a sua Utilização da Obra do Almada

5.6.3. ESTRATÉGIA DE ESTALEIRO E EXECUÇÃO DA OBRA

O início de trabalhos começou pela montagem de estaleiro. Após a montagem deste, foram iniciadas as demolições da obra, foram retiradas todas as telhas da cobertura, o soalho foi também retirado por inteiro. As fachadas e pisos do edifício mantiveram-se, tendo sido apenas necessário um reforço estrutural generalizado no edifício. Nesta fase de reforço estrutural foi necessário a utilização de um camião-guindaste para a colocação de perfis metálicos na obra tendo ocupado por completo a rua do Almada, sendo então necessário que esta fase ocorresse sem percalços de modo a evitar constrangimentos na circulação na rua. A claraboia bem como a cobertura foram reforçadas e muitas vigas de madeira podres encontradas foram substituídas por vigas novas como se pode ver na fig. 46. As escadas não foram alvo de reforço estrutural sendo que foram apenas remodeladas esteticamente.



Fig. 46 – Reforço estrutural dos Pisos (à esquerda) e da Cobertura (à direita).

Na figura 43 foi visível a ampliação planeada para a obra a vermelho, ou seja as reformulações da volumetria para além do plano da fachada posterior do piso 1 e 2 e a criação de um elevador no logradouro para dar acesso ao jardim interior.

A gestão de resíduos era feita através da triagem e separação dos detritos (madeira, sucata, telhas e terras) e o seu transporte para um vazadouro, quando necessário, através de um camião. O estaleiro dividiu-se então nas seguintes zonas:

- Depósitos e armazéns;
- Meios de carga/descarga e elevação e transporte interno;
- Instalações administrativas;
- Espaço Social.

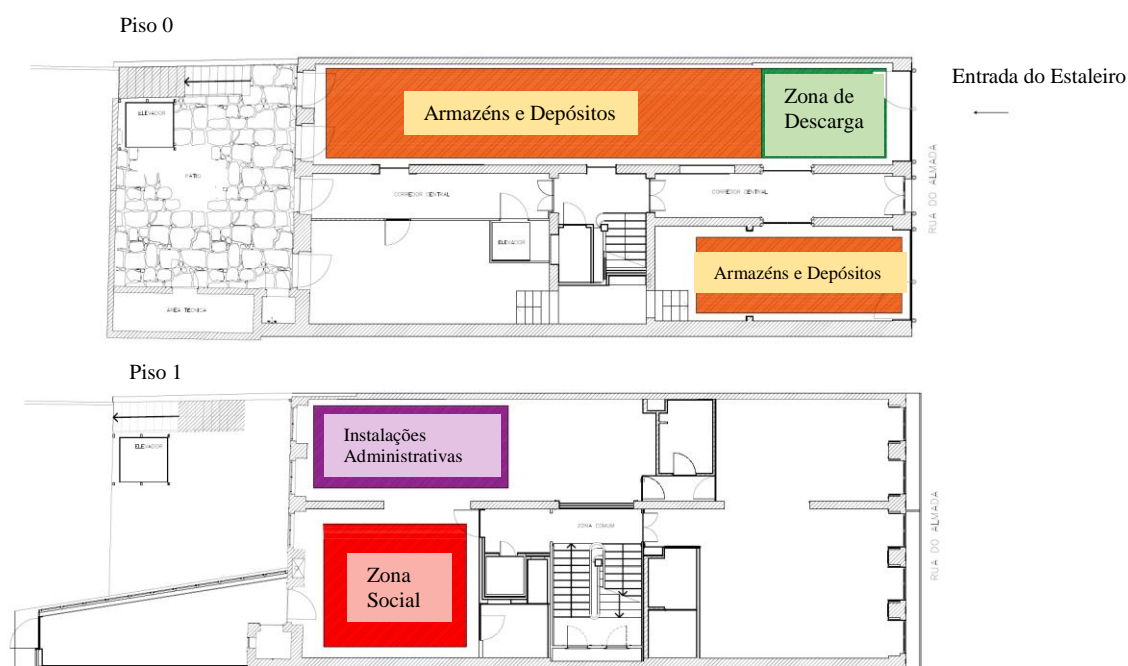


Fig. 47 – Plantas do estaleiro da obra do Almada nas diferentes fases

Como se vê na figura 47 a zona de descargas de materiais (a verde) encontrava-se no piso 0 junto à entrada do estaleiro. Apesar de a restante área do piso 0 se ter destinado à armazenagem de materiais (a laranja), foi visível o depósito de materiais nos pisos superiores por razões de logística.



Fig. 48 – Depósito de materiais no piso 2 junto à cobertura

No piso 1 situava-se a instalação administrativa (a roxo na figura 47) onde se realizaram reuniões semanais nos gabinetes dos engenheiros e coordenadores e ainda a área social (a vermelho na mesma figura) onde os trabalhadores puderam deixar os seus pertences, comer e descansar.

O logradouro foi também destinado ao depósito de materiais resistentes ao clima (chuvas, vento, etc), sendo transportados para os respetivos pisos apenas quando necessário através de um guincho.

Normalmente estavam alocados cerca de 7 a 9 trabalhadores por dia não havendo assim grande fluxos de trabalhos.

5.6.4. PLANEAMENTO DA OBRA ATRAVÉS DA TÉCNICA PERT/CPM

Através do Mapa de Trabalhos e Quantidades (MTQ) fornecido pelo diretor de obra, foi possível esquematizar as principais atividades que serão representadas na EAP da obra. As principais atividades foram as seguintes:

- Consignação (Marco)
- Demolições
- Suspensão de Trabalhos (Edifício no Logradouro)
- Construção
 - Estrutura
 - Alvenaria
 - Divisões Leves
 - Alvenarias Interiores
 - Revestimentos
 - Revestimentos de Tetos
 - Reboco de Paredes
 - Impermeabilizações
 - Instalações
 - Redes
 - Hidráulicas
 - Elétricas e Telecomunicações
 - Gás
 - AVAC
 - Enfiamentos, Equipamentos e Aparelhagens
 - Hidráulicas
 - Elétricas e Telecomunicações
 - Gás
 - AVAC
 - Elevador
 - Acabamentos Interiores
 - Caixilharias
 - Carpintarias
 - Pavimentos
 - Pinturas e Vernizes
 - Acabamentos Exteriores
 - Paredes
- Entrega da Obra (Marco)

Depois de feita a importação dos dados para o *software* MSProject, foi facultado o Diagrama de Gantt da obra **Anexo A2**.

A capacidade de distinguir as tarefas críticas geradas do planeamento de trabalhos foi simples e acessível, como se pode ver na figura 49.

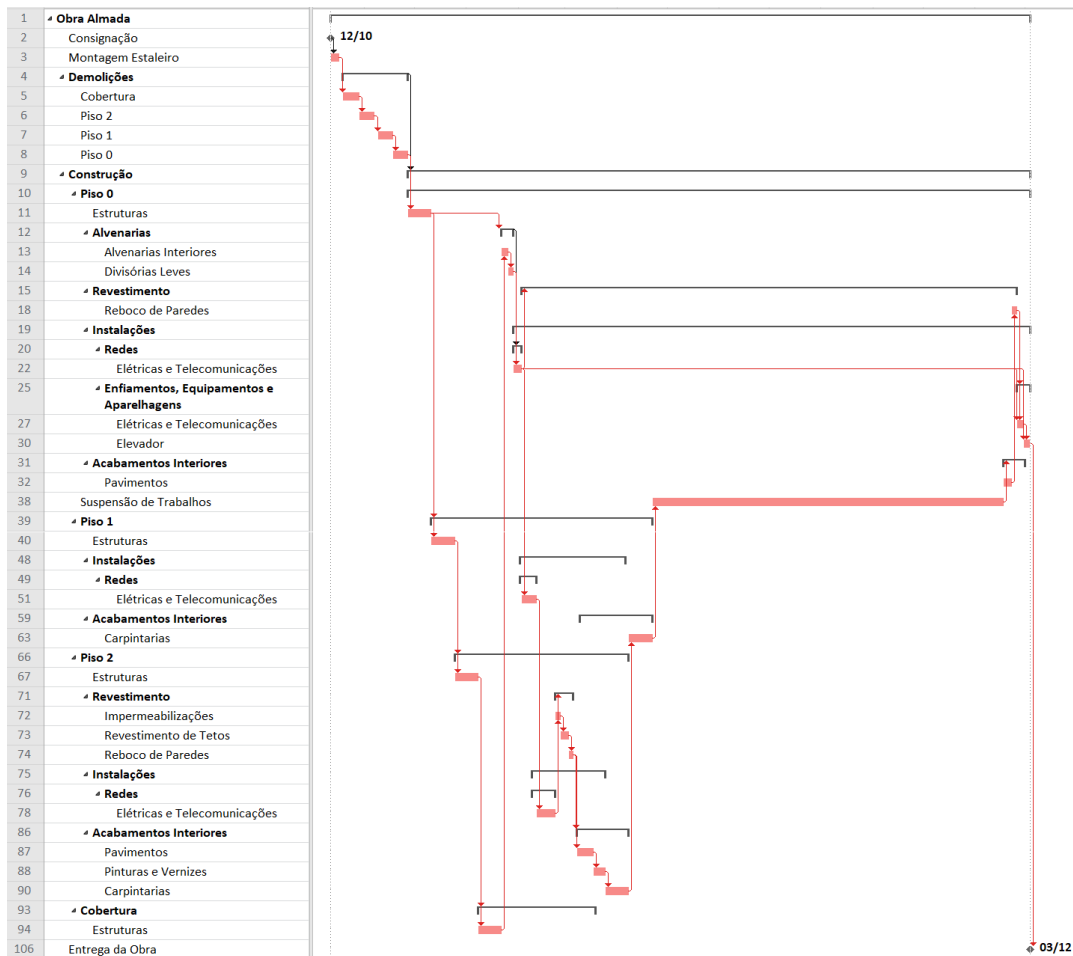


Fig. 49 – Caminho crítico da Obra do Almada através do Diagrama de Gantt no MSProject

5.6.5. PLANEAMENTO DA OBRA ATRAVÉS DA TÉCNICA LOB

Devido a este imprevisto nos *software* anteriormente referido, teve-se que modificar a EAP da obra. A remodelação do EAP resultou nas seguintes Macroatividades:

- Consignação (Marco)
- Demolições
- Suspensão de Trabalhos (Edifício no Logradouro)
- Construção
 - Estrutura
 - Alvenaria
 - Revestimentos
 - Instalações
 - Redes
 - Enfiamentos, Equipamentos e Aparelhagens
 - Acabamentos Interiores
 - Acabamentos Exteriores
- Entrega da Obra (Marco)

As representações gráficas dos planeamentos através do LOB de cada obra nos diferentes programas estão representadas nas figuras 50 e 51.

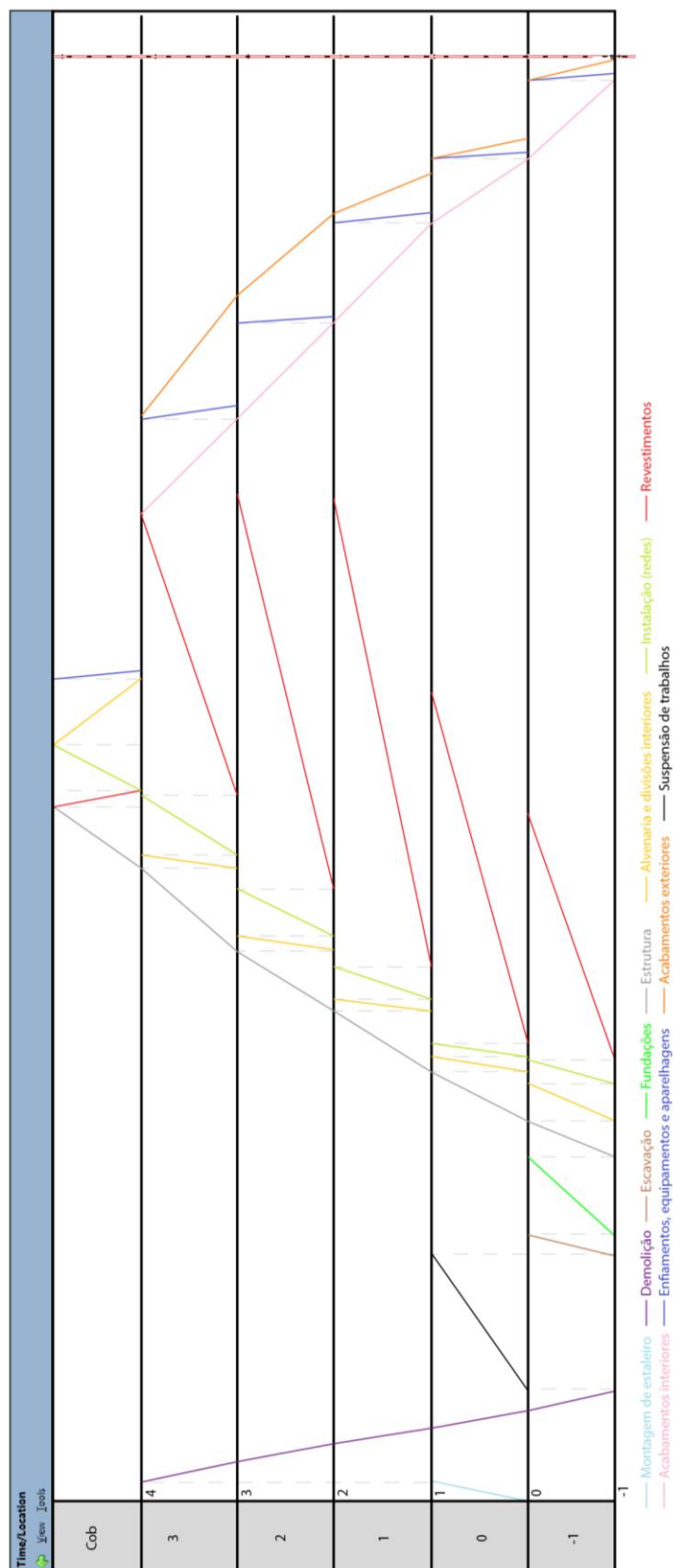


Fig. 50 - Representação LOB da Obra de Sá da Bandeira no CCS Candy

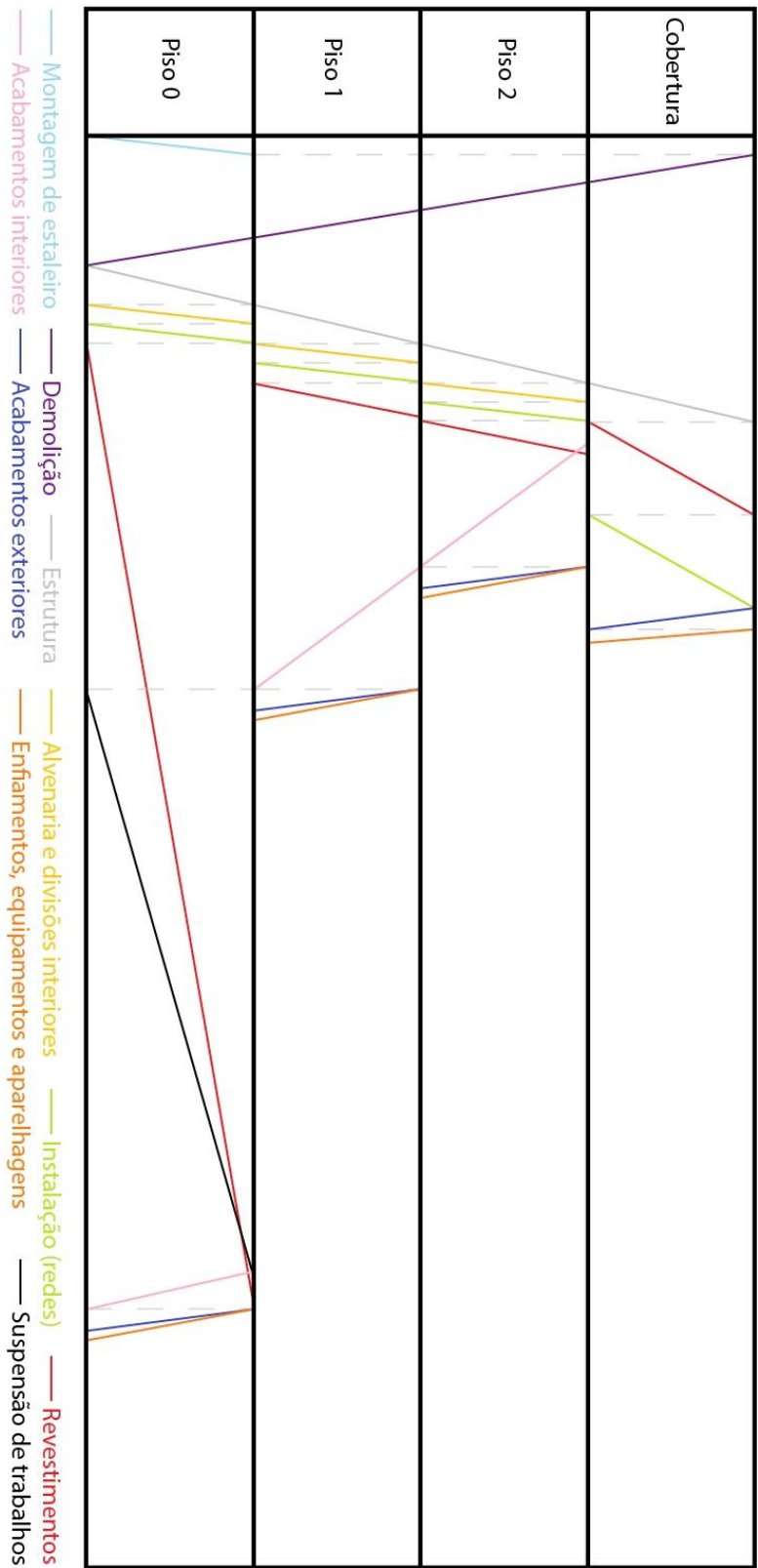


Fig. 51 - Representação LOB da Obra do Almada no Powerproject

Como já referido na análise gráfica LOB do planeamento do 1º caso de estudo, as representações do planeamento pelo método LOB de ambos os programas foram bastante simplistas. Mais uma vez, foi visível o nível reduzido de detalhe que o Diagrama Localização - Tempo apresenta. Foi evidente a sequencialização dos trabalhos ao longo dos pisos e cobertura da edificação. E mais uma vez, percebeu-se que é possível a alteração do planeamento da obra, acabando com as interrupções constantes nas tarefas, otimizando assim o fluxo de trabalhos em cada piso de modo a reduzir os custos e tempo da obra.

A disponibilização do caminho crítico do planeamento das obras na representação CPM de cada *software* pode ser visto nos **Anexos A5 e A6**.

Como explicado no enquadramento desta obra, o planeamento desta vai sofrer atraso no término das tarefas de acabamentos exteriores e interiores no piso 0 devido à construção de um outro edifício no logradouro. Daí, mais uma vez, a atividade “Revestimentos” ter uma duração excessiva no piso 0. Esta duração excessiva ficou a dever-se ao agrupamento das Macroatividades e da atividade de Rebocagem de Paredes concretizar-se apenas depois da finalização da pavimentação do piso 0.

6

CONCLUSÕES

6.1. CONCLUSÕES

6.1.1. Conclusões relativamente aos Métodos Diagrama de Gantt e LOB

O método LOB e Diagrama de Gantt diferenciaram-se, especialmente, quanto ao carácter do projeto ao qual podem ser aplicados. Enquanto o LOB foi criado e aplica-se adequadamente a projetos de natureza repetitiva, a aplicação do método CPM neste tipo de projeto têm-se revelado decepcionante para os responsáveis de planeamento de construção. Na construção em Portugal, a técnica CPM é um requisito “obrigatório” como método de planeamento de projetos, afirmando-se como a principal ferramenta de planeamento de projeto nas empresas de construção portuguesas.

A fragilidade do PERT/CPM é percebida aquando das mudanças da organização sequencial das tarefas do projecto. Muitas mudanças ocorrem durante a execução de um projecto, e é essencial que o impacto dessas mudanças seja rapidamente calculado a fim de se obter um novo planeamento para a conclusão do projecto. A actualização dessas mudanças, no cronograma e diagramas de precedências PERT/CPM é uma tarefa árdua que demora algum tempo para quem está a planear. Na técnica LOB essa tarefa é razoavelmente fácil.

Em ambas as técnicas, é possível prever-se os atrasos nas atividades, no entanto apenas as redes PERT/CPM permitem que os impactos causados pelos atrasos na conclusão do projecto sejam precisamente analisados na conclusão do projecto, pois esta técnica revela precisamente as atividades críticas que compõem o plano.

Uma vantagem apresentada pela técnica LOB, não constatável nas redes PERT/CPM é a continuidade do trabalho. Usando o CPM como uma técnica para construção repetitiva, é preciso descartar a necessidade de criar continuidade de trabalho a fim de obter máxima utilização dos recursos.

O nível de detalhe das técnicas é outro ponto a destacar nessa comparação. O método LOB é uma técnica que apresenta uma quantidade limitada de informações nos seus gráficos e, além disso, o grau de complexidade é limitado. Essa característica pode ser interpretada tanto como uma vantagem, para a comunicação e interpretação por quem executa, como uma desvantagem quando é necessário um maior detalhe da tarefa a executar em obra. Para o planeamento PERT/CPM, as atividades são bem detalhadas, o que, por um lado, facilita a determinação da causa dos atrasos e/ou outras mudanças no cronograma, mas, por outro lado, dificulta o acompanhamento e controlo do progresso da obra de grandes dimensões.

A visualização de um gráfico com poucas atividades proporcionadas pela técnica LOB e distribuídas em unidades de repetição facilita a comunicação com quem está a executar. O entendimento das

informações é rápido e claro. Essa transparência reflectida no processo construtivo acentua a prática dos princípios do planeamento, pois reduz a variabilidade do fluxo de trabalho e consequentemente reduz desperdícios e tempo de duração do projecto. Assim, pretende-se evitar que as actividades que agregam valor sejam interrompidas, através da redução da variabilidade.

Todas as técnicas de programação apresentam vantagens e desvantagens relativamente ao planeamento na construção. Descrevem-se de seguida os pontos fortes e pontos fracos associados a cada método de programação de obras das técnicas - CPM e LOB.

CPM

Pontos fortes:

- visualização das relações e interdependências entre actividades;
- visualização das sequências de actividades;
- permite a previsão das datas dos acontecimentos;
- permite a identificação das actividades que não devem ser atrasadas (caminho crítico);
- permite facilmente a definição das folgas existentes entre actividades;

Pontos fracos (para projeto de maior dimensão):

- exige um planeamento de maior complexidade;
- para casos complexos, é de representação e construção difícil;
- a leitura e análise do planeamento realizado, revelam-se difíceis.

LOB

Pontos fortes:

- facilidade na transmissão de informação;
- deteção dos chamados estrangulamentos de produção;
- possibilidade de programar a utilização de mão-de-obra, equipamentos e componentes da construção, permitindo a programação para contratação de pessoal e aquisição e uso de materiais em obra;
- possibilidade de ajuste nos ritmos ou velocidades de execução, evitando-se conflitos ou espera na execução dos serviços;
- representação do intervalo de tempo em que cada actividade deve ser executada em cada unidade de repetição e da folga existente entre a execução das actividades;
- visualização imediata das actividades que se desviaram da programação inicial e suas influências nas restantes etapas da obra, quando usada como instrumento de controlo.

Pontos fracos:

- dificuldade de considerar as variáveis que influenciam o processo construtivo - várias actividades exigem uma sequência de execução diferente do andamento da obra, como por exemplo, a execução das fachadas de um edifício;
- necessidade de se programar à parte os serviços não repetitivos;
- necessidade de se manter um eficiente departamento de compras de materiais ou estabelecer locais para a armazenagem destes, em função da utilização gradual dos materiais previstos na programação;
- Dificil visualização de actividade
- s sobrepostas com taxas de produção iguais;
- Dificil visualização do caminho crítico.

Apesar das desvantagens apresentadas, o LOB é apontado como sendo a ferramenta mais indicada para a programação de obras repetitivas. Destaca-se como benefícios da técnica, maior rapidez na execução de uma atividade, maior clareza nas atividades que se executam e maior garantia de conclusão.

O objectivo principal deste método centra-se em garantir trabalho contínuo para as equipas, eliminando as interrupções improdutivas e causadoras de custos suplementares em mão de obra e equipamentos. Da análise feita ficaram evidentes as vantagens da sua utilização na programação de projeto com características repetitivas. As principais vantagens são a simplicidade gráfica apresentada, a facilidade de percepção da lógica de execução do projeto e a visualização e controlo das atividades repetitivas presentes na obra. Embora os métodos referidos não apresentem diferenças substanciais entre si, verifica-se que alguns surgiram vocacionados para determinado tipo de projeto, demonstrando a preocupação em ir ao encontro das necessidades da construção e de eliminar alguns dos problemas associados aos métodos de programação tradicionais.

6.1.2. Conclusões relativamente aos Software

Concluindo a análise da representação gráfica proveniente de cada método de planeamento, foi objetivo também deixar um comentário pessoal e descrever o processo de utilização das ferramentas informáticas utilizadas durante a dissertação – MSProject, CCS Candy e Asta Powerproject. A pesquisa e procura das ferramentas informáticas de modo a descrever as funcionalidades de cada ferramenta informática foi breve. A intenção inicial foi usar o programa MSProject, CCS Candy e o VICO Office, pois são os programas mais conhecidos e também recomendados por engenheiros e projetistas com quem se teve hipótese de falar. No entanto, a dificuldade de aceder ao VICO Office acabou por se revelar um transtorno, levando a uma nova procura que culminou no Asta Powerproject, um *software* menos conhecido.

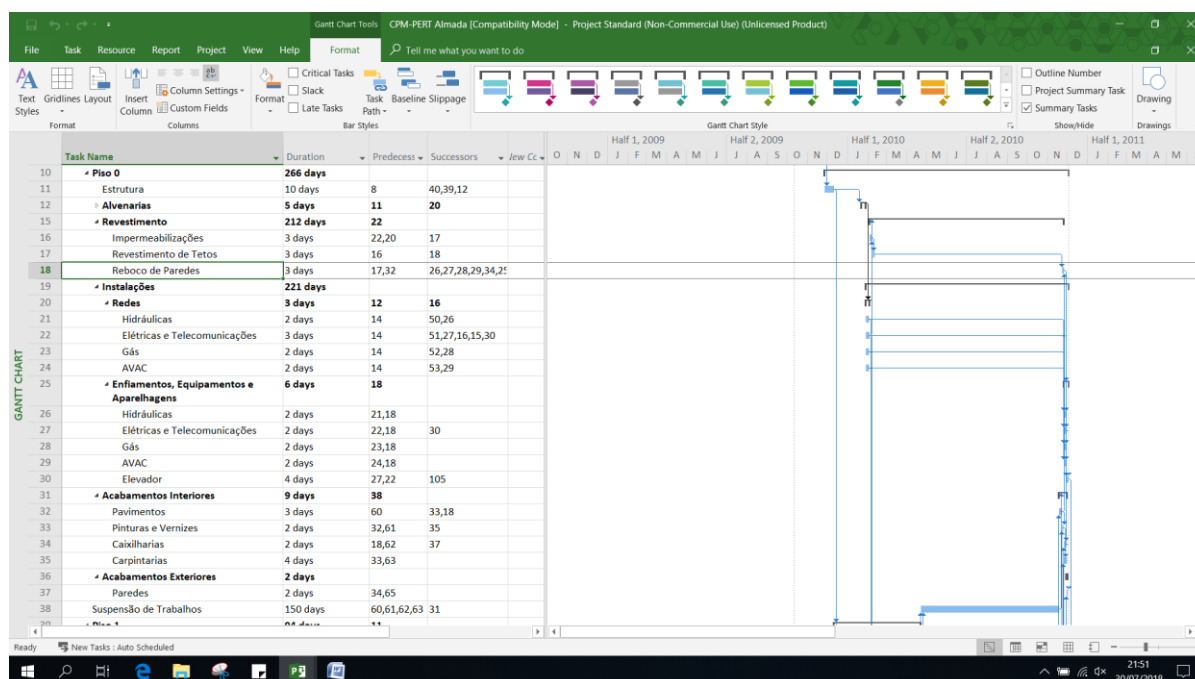


Fig. 52 – Layout do Software MSProject

Quanto ao MSProject, o seu uso durante a tese não se revelou constrangedor, talvez por causa de ser um *software* já comum e utilizado pelos estudantes na Faculdade de Engenharia do Porto. As suas tabelas, visíveis na figura 52, de estrutura semelhante a uma folha de cálculo, ajudaram na inserção de dados do planeamento das obras. A barra de ferramentas é bastante simples e de fácil interpretação o que favorece na utilização das funcionalidades do programa, como por exemplo, as diferentes vistas e gráficos que auxiliam de várias formas de olhar e ler um projecto. A exportação dos planeamentos para PDF's não se revelou também complicada, sendo possível a filtração dos dados a exportar e a customização do layout do PDF.

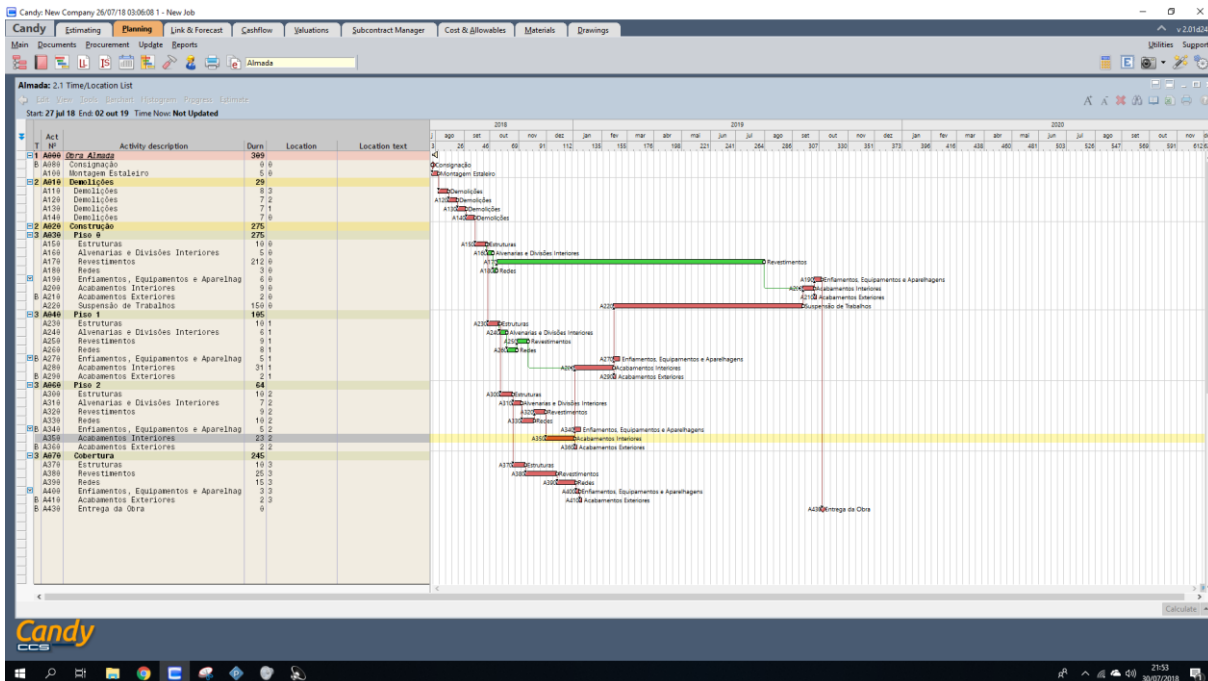


Fig. 53 – Layout do Software CCS Candy

Quanto ao CCS Candy, foi demorada a sua apropriação e aprendizagem. A obtenção do *software* não foi complicada, no entanto, devido ao tempo curto de experimentação, foi necessário a utilização deste em 2 computadores não sendo possível guardar o progresso dos trabalhos. As suas tabelas assemelham-se bastante às tabelas do MSProject. A barra de ferramentas, visível na figura 53, sendo um pouco menos apelativa do que o do MSProject, auxiliou também tanto na visualização de diferentes vistas do projecto, podendo filtrar tarefas por localização ou por pertencerem ao caminho crítico, entre outros aspetos, mas também na customização da representação gráfica dos planeamentos CPM. Este *software* falhou principalmente na representação gráfica do Diagrama Tempo – Localização pela sua simplicidade extrema. A representação gráfica do LOB foi de alguma dificuldade, pelo que teve de ser alterada graficamente por mim para que fosse de melhor leitura e interpretação. A exportação dos planeamentos para PDF's não foi difícil, sendo fácil a customização da exportação de dados.

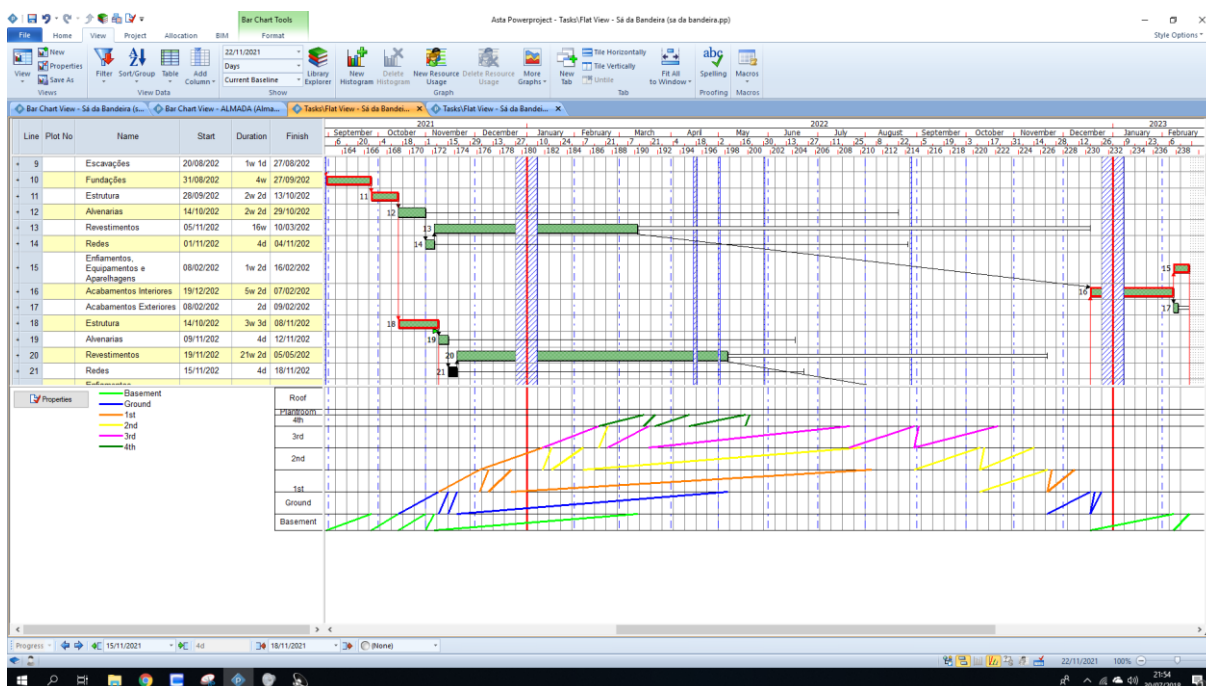


Fig. 54 – Layout do Software Powerproject

Quanto ao Powerproject, não tendo sido a escolha inicial de utilização para este trabalho, revelou ser uma grande ajuda. Para a sua obtenção foi necessário um requerimento à empresa que prontamente divulgou o link para o download do *software* como também ofereceu uma licença estudantil de alguns meses. Como se pode observar na figura 54, o layout do programa é bastante apelativo e de fácil interpretação embora tenha tido dificuldades no processo de associar a precedência entre tarefas, pois era forçoso abrir uma janela em cada atividade sendo posteriormente necessário colocar o código de identificação da tarefa sucessora e precedente, sendo que em ambos os outros *software* – MSProject e CCS Candy, era apenas necessário colocar o número da linha em que a tarefa sucessora se encontrava numa coluna. Esta foi a principal deficiência encontrada na utilização deste programa. Mesmo com este constrangimento, o aspeto mais positivo neste *software* foi a possibilidade de acompanhar instantaneamente o planeamento por ambos os métodos – CPM/PERT e LOB, enquanto os dados eram introduzidos como se pode ver na figura 50. Este aspeto ajuda bastante no entendimento de como o método LOB funciona. A barra de ferramentas ajudou na visualização de distintas vistas do projecto, podendo filtrar tarefas representadas, mas também na customização da representação gráfica dos planeamentos CPM, para que não houvesse demasiada informação representada. A exportação dos planeamentos para PDF's não foi difícil, sendo fácil a customização da exportação de dados.

Após a utilização dos *software*, percebe-se que existem dificuldades na utilização dos mesmos, pois normalmente estes requerem muito tempo de utilização/aprendizagem. Importante referir também que as funcionalidades destas ferramentas vão muito para além das que se teve oportunidade de utilizar durante a dissertação.

Seria interessante que a FEUP, licenciasse a utilização de uma ferramenta informática que possibilitasse o planeamento de uma obra de construção em ambos os métodos – CPM/PERT e LOB.

6.2. FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

O planeamento deve ser visto como uma simplificação do processo construtivo, e não como uma burocratização do mesmo, pois deve retratar a realidade de um estaleiro de uma obra, com o objetivo definir os prazos desta, para que as empresas tenham vantagem competitivas no mercado. Cada empresa deve estabelecer uma forma de planeamento, levando em consideração a sua área de actuação, poder no mercado e tamanho das equipas.

Sabe-se que, embora haja uma preocupação crescente de grande parte das empresas construtoras em conhecer métodos organizacionais de trabalho que levem a uma menor turbulência e desperdícios em obra, poucos são os que conseguem adoptar e manter um método de programação e controlo do trabalho. Os vícios dos métodos usuais de construção contribuem para a inércia e falta de audácia do corpo técnico das empresas em utilizar novos métodos de organização do trabalho.

Apesar de programas de computador para gestão de projeto baseados em técnicas de rede serem cada vez mais conhecidos, acessíveis e funcionais para quem está a planear, praticamente não existem programas comerciais baseados na metodologia Linha de Balanço, sendo que se pode afirmar que a técnica ainda é desconhecida pela maior parte dos profissionais da área do planeamento.

Posto isto, como principais temas a desenvolver em trabalhos futuros nas áreas referidas nesta dissertação, sugere-se:

- o estudo acerca de estratégias de dimensionamento de equipas em construções com atividades repetitivas;
- a pesquisa de outros modelos de programação adaptáveis ao fluxo de trabalho da construção;
- a criação de uma base de dados, de posturas preventivas, para evitar divergências, interrupções na produção e trabalhos extra de modo a que as evitem despesas extras, desperdícios de materiais, descontinuidade do fluxo produtivo e consequentemente, controlar com maior rigor os custos do projecto;
- estudos sobre as principais interferências do processo construtivo tradicional e suas influências no desempenho;
- aplicação do método e acompanhamento na execução de um edifício com múltiplas unidades de repetição, observando os desvios existentes entre a programação e a realidade, visando a implantação do método nas empresas de construção civil;
- o estudo de uma técnica e/ou metodologia de controlo que englobe duas ou mais metodologias de planeamento em conjunto com o objectivo de se obter um planeamento mais eficaz e mais próximo da realidade possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Reinventing Construction: A Route to a Higher. MCKINSEY Global Institute, 2017.
- [2] Managing Construction Projects, Graham M. Winch, 2º ed., Wiley-Blackwell, 2010
- [3] Gestão Moderna de Projetos, Melhores técnicas e Práticas, António Miguel, 9ª ed., FCA – Editora Informática, 2009
- [4] Gestão de Projetos, Abordagem Instrumental ao Planeamento, Organização e Controlo, Victor Sequeira Roldão, Monitor, Projetos e Edições, Lda., 2005
- [5] GUIA PMBOK®. Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gestão de Projetos. Project Management Institute, 3ª ed., Four Campus Boulevard, EUA, 2004.
- [6] Gomes Baptista, André. *Utilização de Ferramentas BIM no Planeamento de Trabalhos de Construção – Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto em Área Científica, 2015.
- [7] Monteiro de Oliveira, Daniel. *Definição do Modelo de Planeamento de Produção de uma empresa de Construção Civil*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [8] Costa Ferreira, Ricardo. *Comparação Aplicada entre as Técnicas de Planeamento CPM e LOB (Line of Balance)*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2011.
- [9] José Teles, Décio. *Construção de Edifícios – Preparação Inicial de Obra – Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.
- [12] Sousa, Hipólito. *Apontamentos da Disciplina de Gestão de Projetos do Mestrado Integrado em Engenharia Civil*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2009.
- [13] Amorim Faria, José. *Apontamentos da Disciplina de Gestão de Obra e Segurança do Mestrado Integrado em Engenharia Civil*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010.
- [14] https://mosaicprojects.com.au/WhitePapers/WP1021_LOB.pdf
Data de acesso: 13/04/2018
- [15] <http://arquitectos.pt/documentos/1164040391Y0wXY4eq1Qa99SK5.pdf>
Data de acesso: 8/06/2018
- [16] <https://planningengineer.net/the-application-of-line-of-balance-lob-method-in-construction-projects-using-excel-tool/>
Data de acesso: 8/06/2018
- [17] <https://products.office.com/pt-pt/project/project-management>
Data de acesso: 20/05/2018
- [18] <http://timelink.pt/sistema-candy/planeamento/?lang=pt-pt>
Data de acesso: 20/05/2018
- [19] <http://timelink.pt/2011/03/time-location-introduction/>

Data de acesso: 20/05/2018

[20] <https://gc.trimble.com/product-categories/vico-office-time>

Data de acesso: 20/05/2018

[21] <https://gc.trimble.com/product/schedule-planner>

Data de acesso: 20/05/2018

[22] <https://www.autodesk.com/products/navisworks/overview>

Data de acesso: 21/05/2018

[23] https://www.youtube.com/watch?v=o_9X3DM9t60

Data de acesso: 21/05/2018

[24] <https://www.oracle.com/applications/primavera/products/project-management.html>

Data de acesso: 21/05/2018

[25] <https://tensix.com/2015/03/inserting-gantt-chart-gridlines-in-primavera-p6/>

Data de acesso: 21/05/2018

[26] <http://arquimedes.cype.pt/>

Data de acesso: 21/05/2018

[27] <https://www.elecosoft.com/software/asta-powerproject-home/asta-powerproject/>

Data de acesso: 11/06/2018

[28] <https://www.elecosoft.com/wp-content/uploads/2018/05/Powerproject-Overview-Brochure.pdf>

Data de acesso: 11/06/2018

[29] <https://www.google.com/maps>

Data de acesso: 28/05/2018

[30] <https://sites.google.com/site/projetoresidencial2012/aspectos-teoricos/eat>

Data de acesso: 11/04/2018

ANEXOS

A1. PLANEAMENTO MSPROJECT DA OBRA SÁ DA BANDEIRA

A2. PLANEAMENTO MSPROJECT DA OBRA DO ALMADA

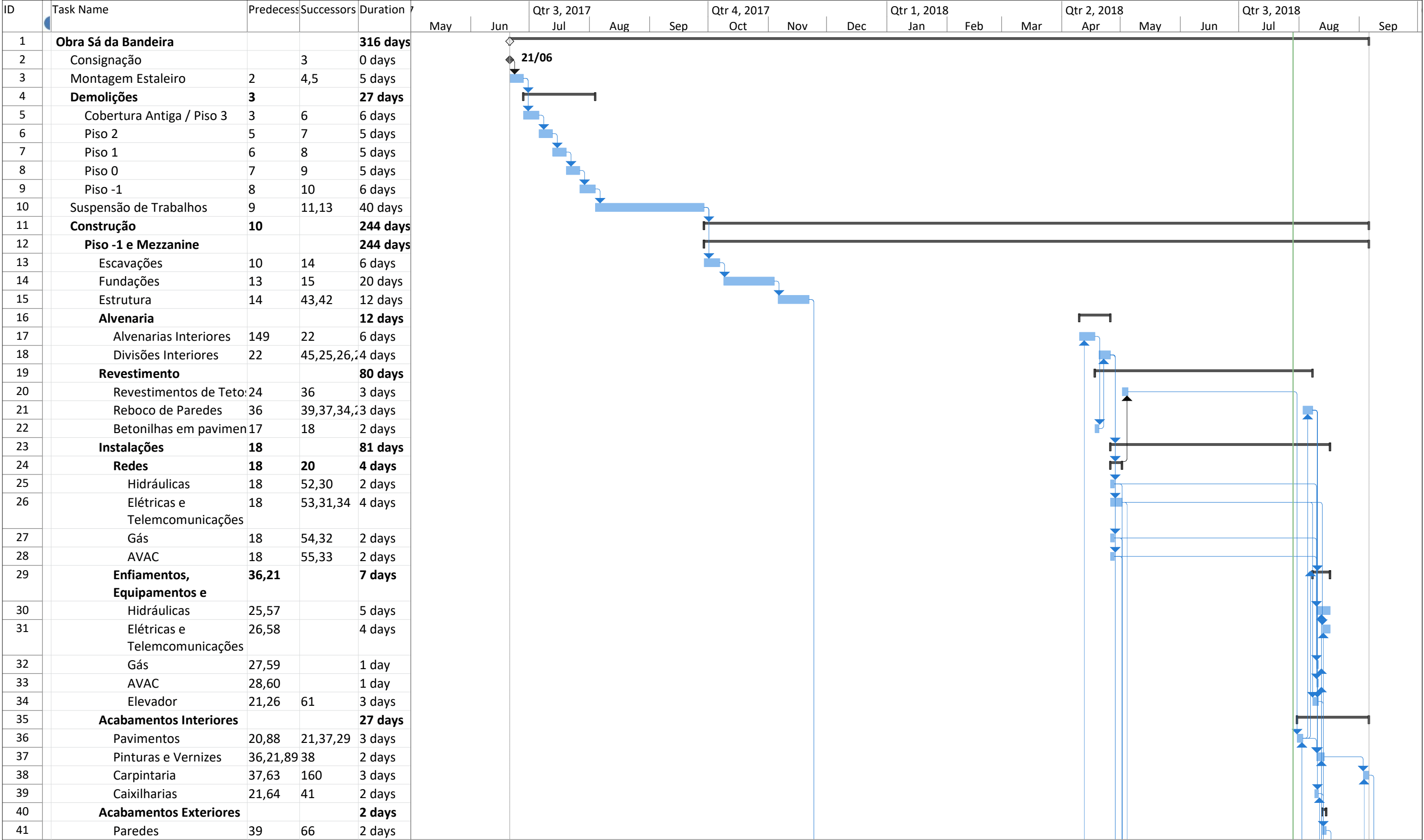
A3. REPRESENTAÇÃO DO CPM DA OBRA SÁ DA BANDEIRA NO CCS CANDY

A4. REPRESENTAÇÃO DO CPM DA OBRA SÁ DA BANDEIRA NO POWERPROJECT

A5. REPRESENTAÇÃO DO CPM DA OBRA DO ALMADA NO CCS CANDY

A6. REPRESENTAÇÃO DO CPM DA OBRA DO ALMADA NO POWERPROJECT

A1. PLANEAMENTO MSPROJECT DA OBRA SÁ DA BANDEIRA



Project: msproj11
Date: Sun 29/07/18

Task

Split

Milestone

Summary

Project Summary

External Tasks

External Milestone

Inactive Task

Inactive Milestone

Inactive Summary

Manual Task

Duration-only

Manual Summary Rollup

Manual Summary

Start-only

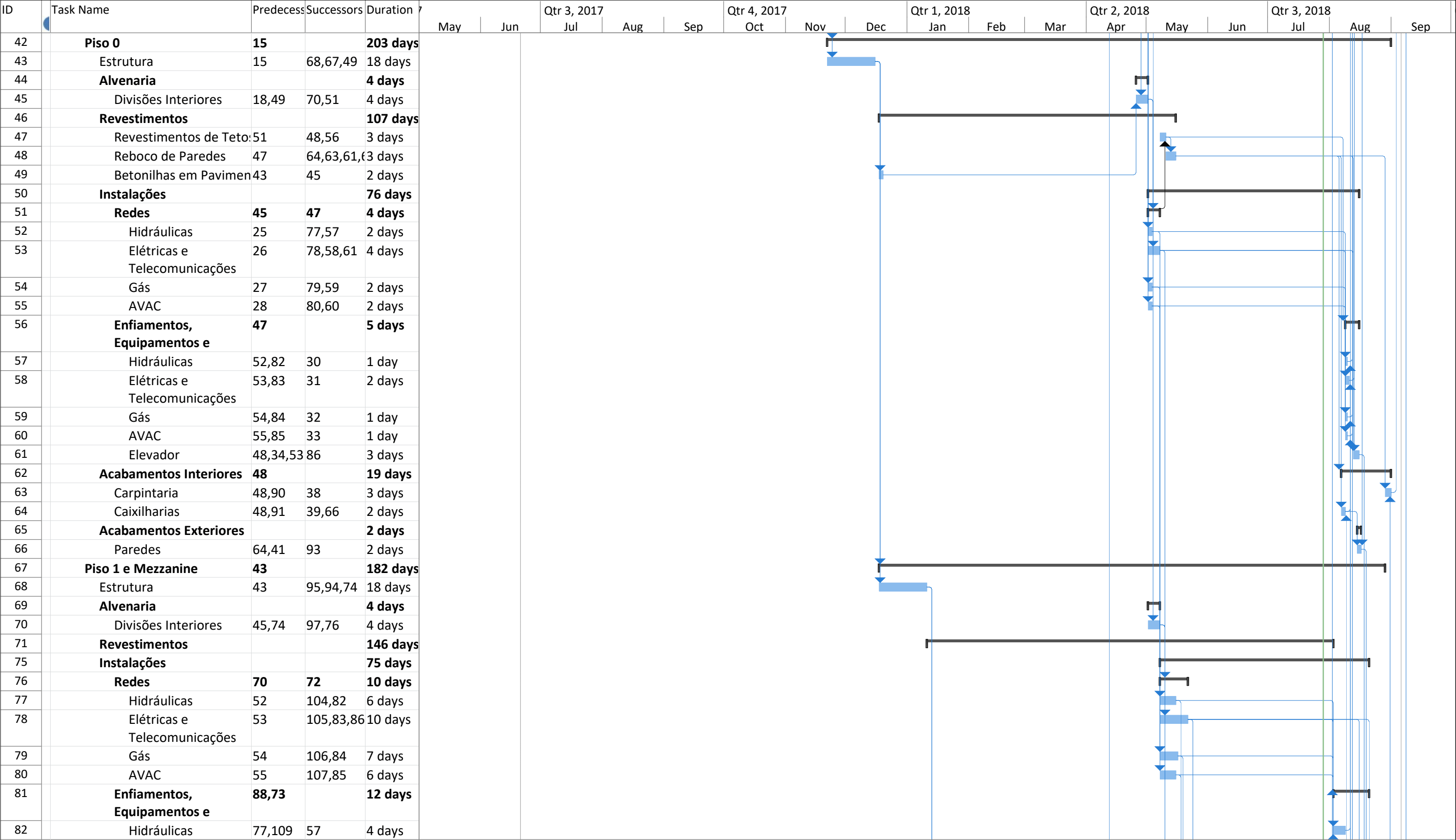
Finish-only

Deadline

Progress

Manual Progress

Page 1



Project: msproj11
Date: Sun 29/07/18

Task

Split

Milestone

Summary

Project Summary

External Tasks

External Milestone

Inactive Task

Inactive Milestone

Inactive Summary

Manual Task

Duration-only

Manual Summary Rollup

Manual Summary

Start-only




















Finish-only

Deadline

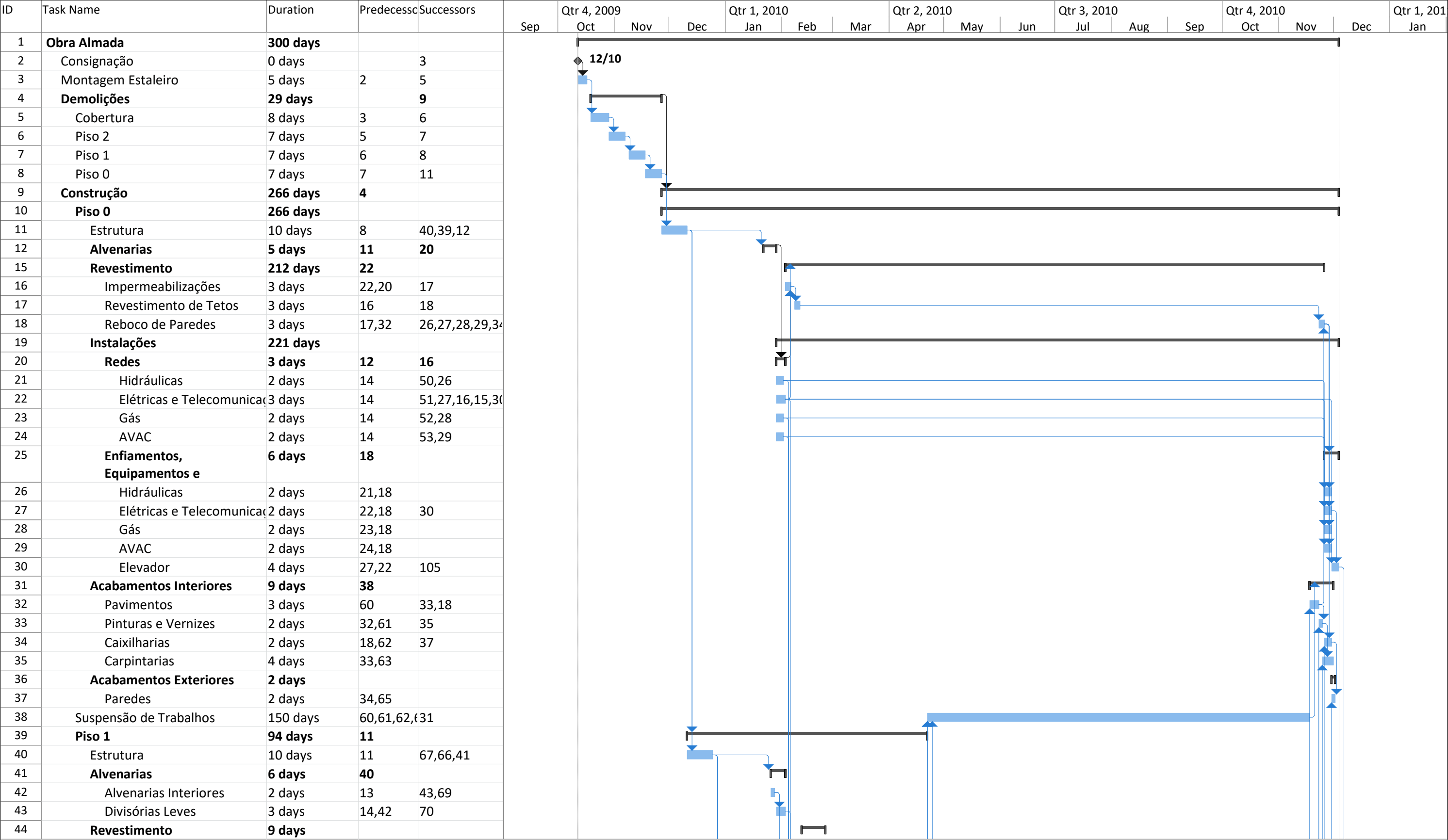
Progress

Manual Progress

ID	Task Name	Predecessors	Successors	Duration
83	Elétricas e Telecomunicações	78,110	58	4 days
84	Gás	79,111	59	4 days
85	AVAC	80,112	60	4 days
86	Elevador	61,78	113	3 days
87	Acabamentos Interiores			30 days
88	Pavimentos	72,115	73,36,81	9 days
89	Pinturas e Vernizes	73,116	90,37	5 days
90	Carpintaria	117,89	63	10 days
91	Caixilharias	73,118	64,93	2 days
92	Acabamentos Exteriores			2 days
93	Paredes	66,91	120	2 days
94	Piso 2 e Mezzanine	68		161 days
95	Estrutura	68	122,121,1	18 days
96	Alvenaria			4 days
97	Divisões Interiores	70,101	124,103	4 days
98	Revestimentos			119 days
99	Revestimentos de Teto	103	115	3 days
100	Reboco de Paredes	115	116,118,1	3 days
101	Betonilhas em Pavimen	95	97	2 days
102	Instalações			72 days
103	Redes	97	99	14 days
104	Hidráulicas	77	131,109	6 days
105	Elétricas e Telecomunicações	78	132,110	10 days
106	Gás	79	133,111	7 days
107	AVAC	80	134,112	6 days
108	Enfiamentos, Equipamentos e	115,100		24 days
109	Hidráulicas	104,136	82	4 days
110	Elétricas e Telecomunicações	105,137	83	4 days
111	Gás	106,138	84	4 days
112	AVAC	107,139	85	4 days
113	Elevador	86,78	140	3 days
114	Acabamentos Interiores			29 days
115	Pavimentos	99,142	100,88,10	9 days
116	Pinturas e Vernizes	100,143	117,89	5 days
117	Carpintaria	116,144	90	10 days
118	Caixilharias	145,100	91,120	2 days
119	Acabamentos Exteriores			2 days
120	Paredes	93,118	147	2 days
121	Piso 3 / Cobertura Antiga	95		147 days
122	Estrutura	95	149,148,1	25 days

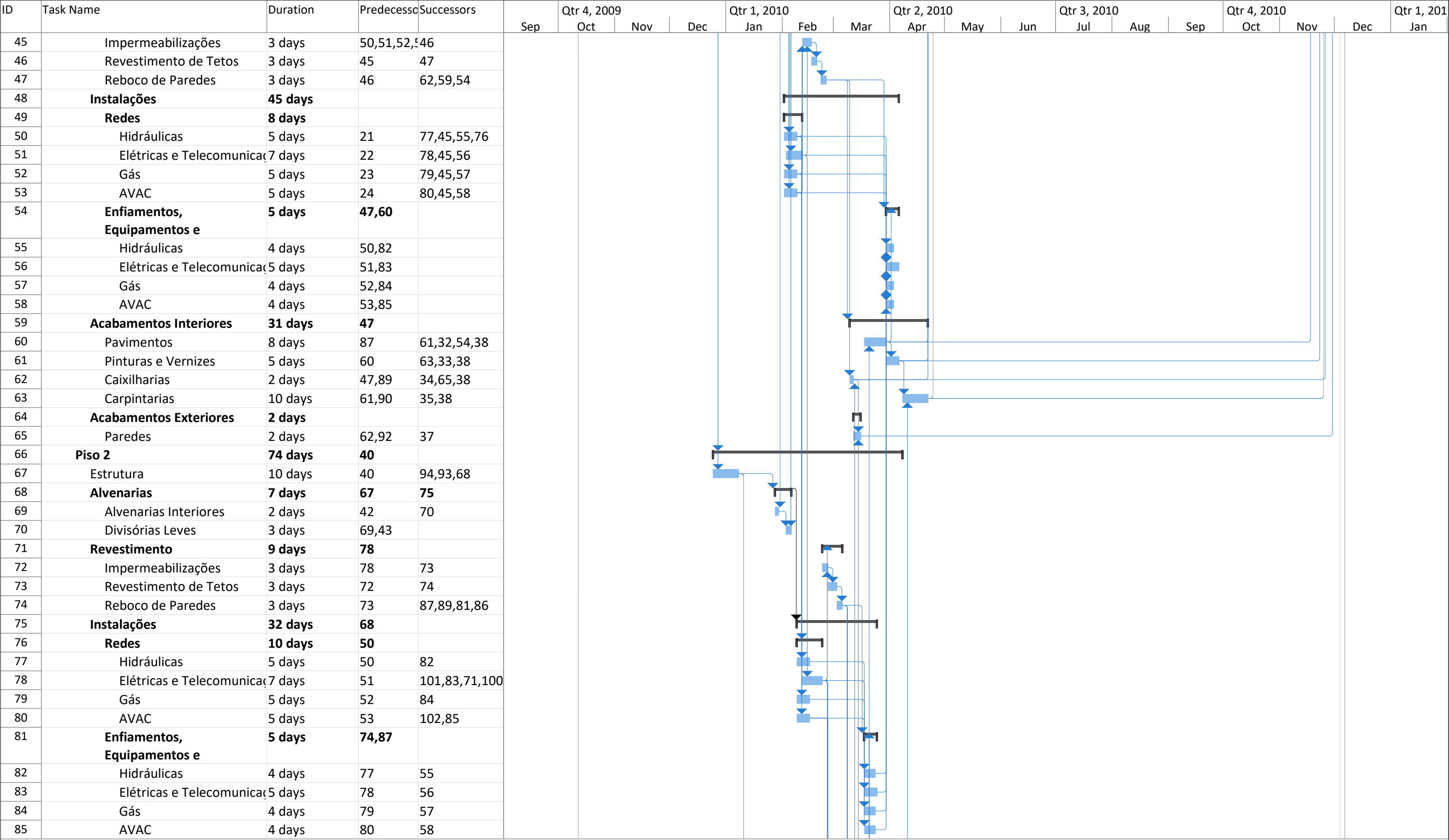
Project: msproj11 Date: Sun 29/07/18	Task		Project Summary		Inactive Milestone		Manual Summary Rollup		Deadline	
	Split		External Tasks		Inactive Summary		Manual Summary		Progress	
	Milestone		External Milestone		Manual Task		Start-only		Manual Progress	
	Summary		Inactive Task		Duration-only		Finish-only			

A2. PLANEAMENTO MSPROJECT DA OBRA DO ALMADA



Project: msproj11
Date: Sun 29/07/18

Task		External Tasks		Manual Task		Finish-only		Progress	
Split		External Milestone		Duration-only		Deadline		Manual Progress	
Milestone		Inactive Task		Manual Summary Rollup		Baseline			
Summary		Inactive Milestone		Manual Summary		Baseline Milestone			
Project Summary		Inactive Summary		Start-only		Baseline Summary			



Project: msproj11
Date: Sun 29/07/18

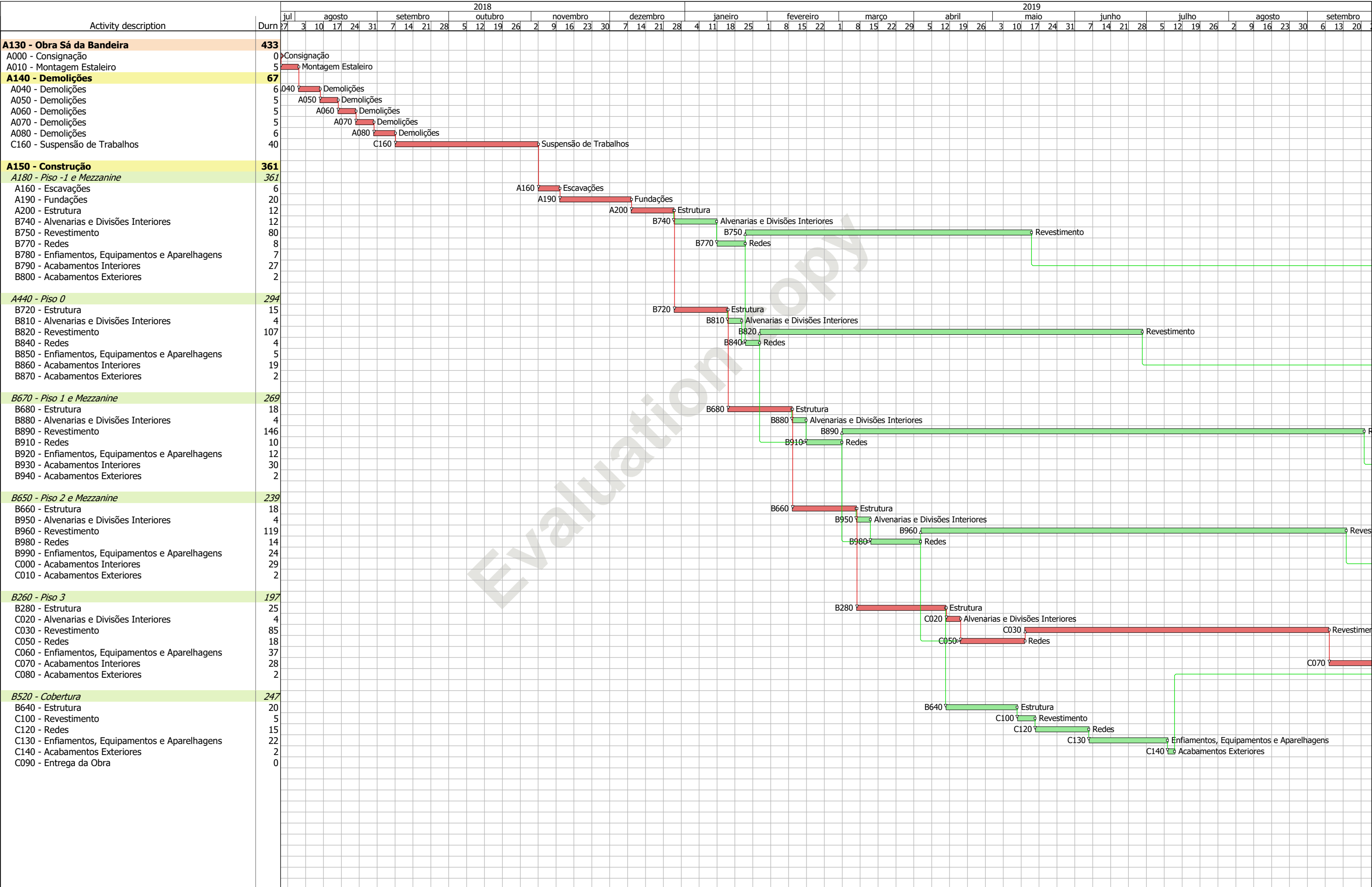
Task		External Tasks		Manual Task		Finish-only		Progress	
Split		External Milestone		Duration-only		Deadline		Manual Progress	
Milestone		Inactive Task		Manual Summary Rollup		Baseline			
Summary		Inactive Milestone		Manual Summary		Baseline Milestone			
Project Summary		Inactive Summary		Start-only		Baseline Summary			

ID	Task Name	Duration	Predecessors	Successors																		
					Sep	Qtr 4, 2009				Qtr 1, 2010			Qtr 2, 2010			Qtr 3, 2010			Qtr 4, 2010			Qtr 1, 2011
						Oct	Nov	Dec		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan
86	Acabamentos Interiores	23 days	74																			
87	Pavimentos	8 days	74	60,88,81																		
88	Pinturas e Vernizes	5 days	87	90																		
89	Caixilharias	2 days	74	62,92																		
90	Carpintarias	10 days	88	63																		
91	Acabamentos Exteriores	2 days																				
92	Paredes	2 days	89	65																		
93	Cobertura	50 days	67																			
94	Estrutura	10 days	67	13,96,103,95																		
95	Revestimentos	25 days	94	97																		
96	Impermeabilizações	25 days	94	99																		
97	Instalações	15 days	95																			
98	Redes	15 days																				
99	Hidráulicas	15 days	96																			
100	Enfiamentos, Equipamentos e	10 days	78																			
101	Elétricas e Telecomunicações	10 days	78	104																		
102	AVAC	4 days	80																			
103	Acabamentos Exteriores	3 days	94																			
104	Cobertura	3 days	101																			
105	Entrega da Obra	0 days	30																			

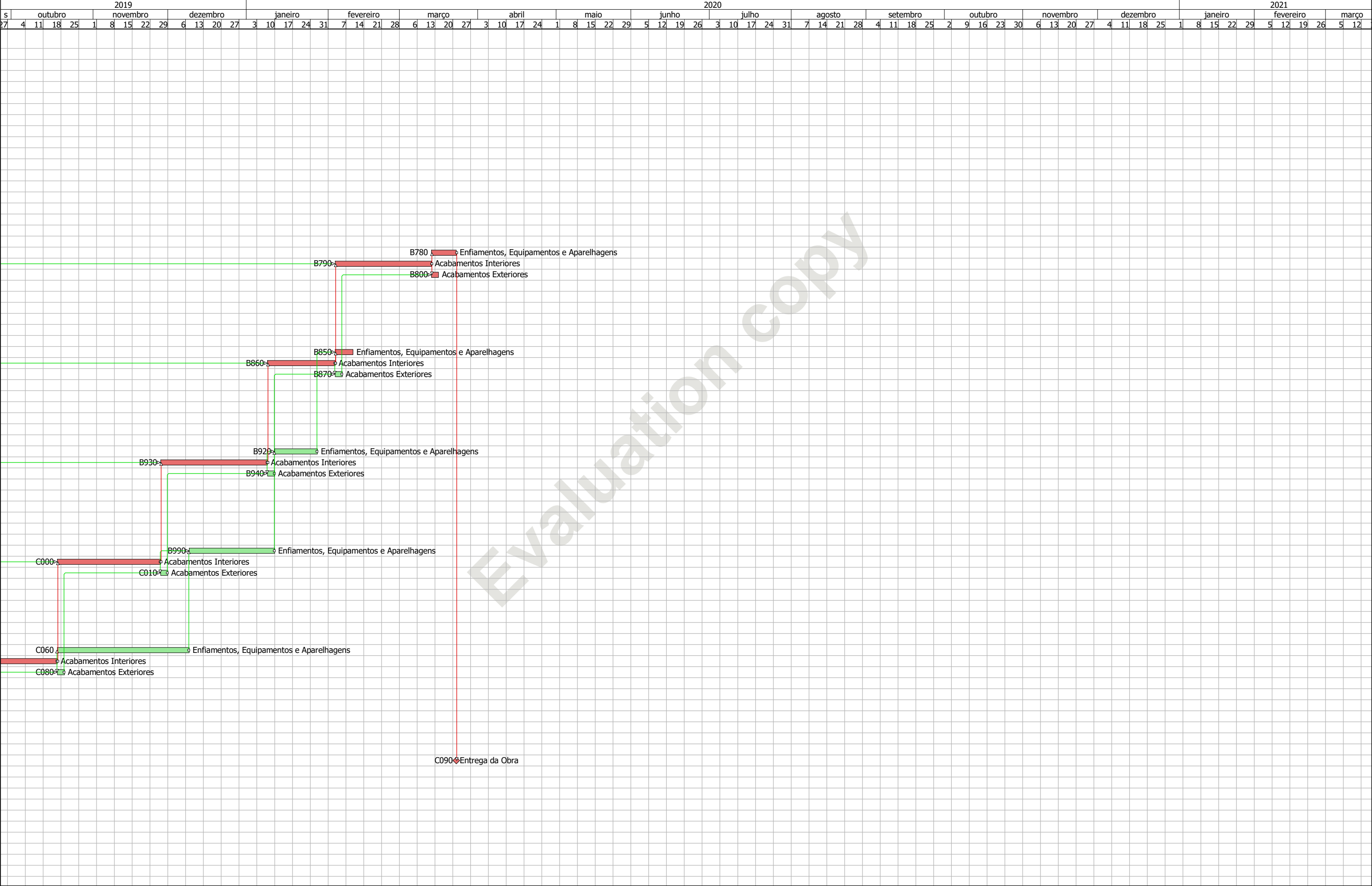
Project: msproj11 Date: Sun 29/07/18	Task		External Tasks		Manual Task		Finish-only		Progress	
	Split		External Milestone		Duration-only		Deadline		Manual Progress	
	Milestone		Inactive Task		Manual Summary Rollup		Baseline			
	Summary		Inactive Milestone		Manual Summary		Baseline Milestone			
	Project Summary		Inactive Summary		Start-only		Baseline Summary			

A3. REPRESENTAÇÃO DO CPM DA OBRA SÁ DA BANDEIRA NO CCS CANDY

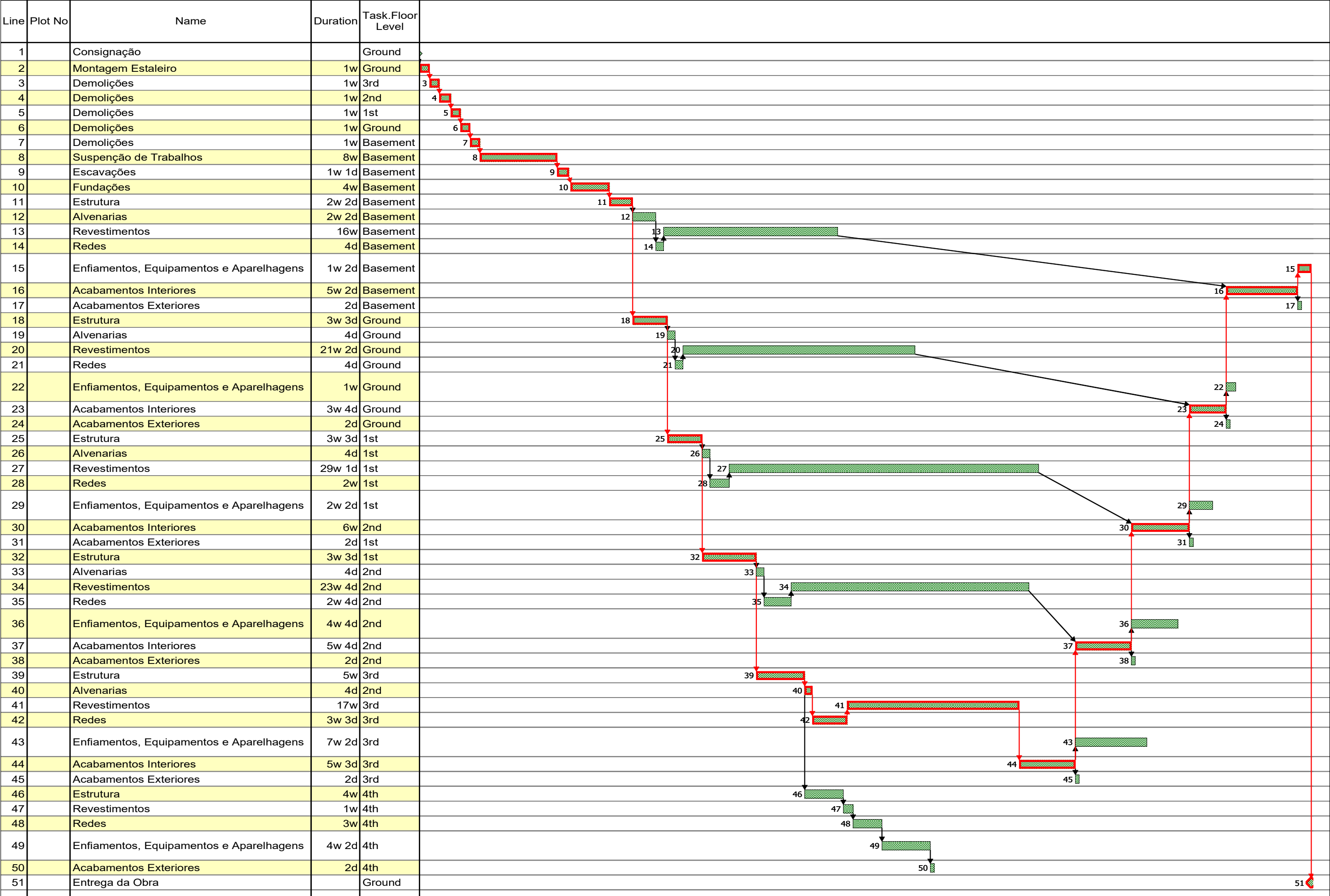
Sá da Bandeira
Standard Barchart
Activities: Entire program



Sá da Bandeira
Standard Barchart
Activities: Entire program

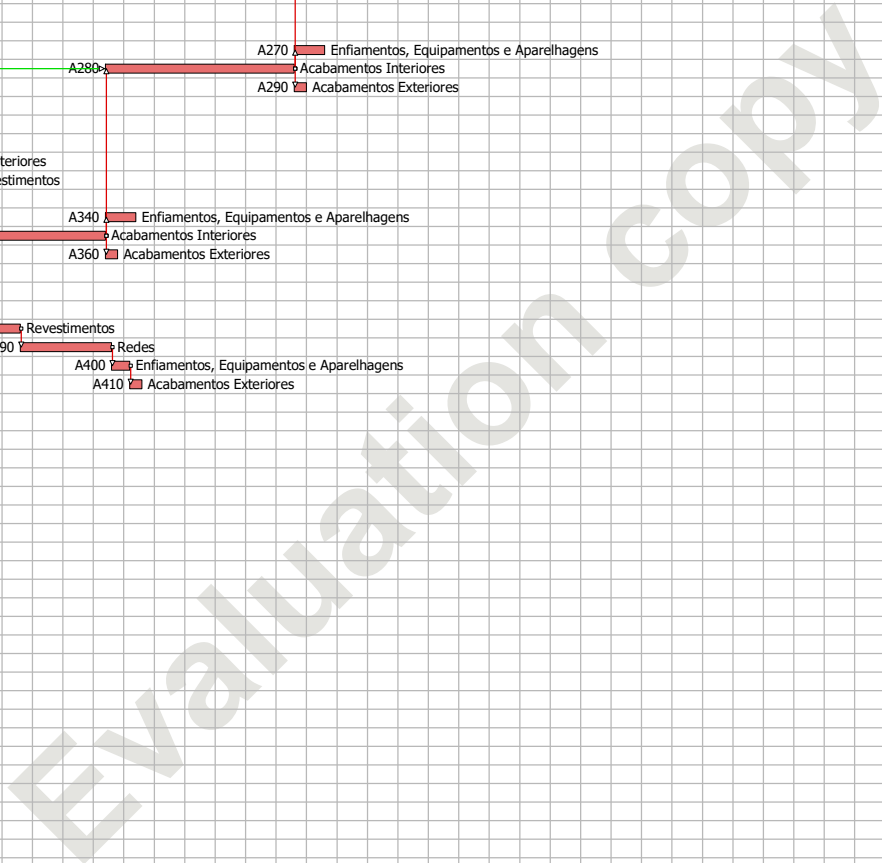


A4. REPRESENTAÇÃO DO CPM DA OBRA SÁ DA BANDEIRA NO POWERPPROJECT



A5. REPRESENTAÇÃO DO CPM DA OBRA DO ALMADA NO CCS CANDY

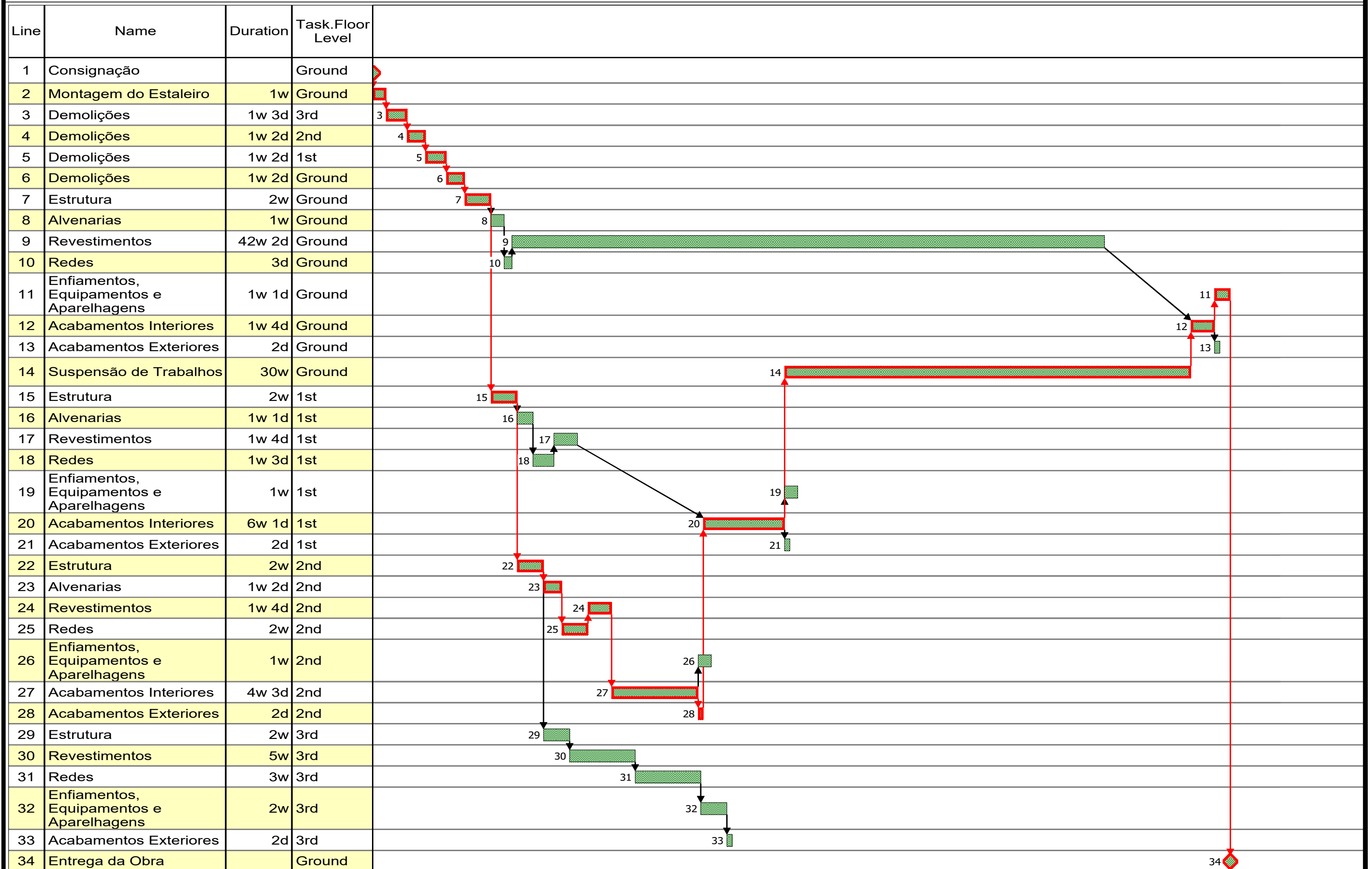
Activities: Entire program



A6. REPRESENTAÇÃO DO CPM DA OBRA DO ALMADA NO POWERPROJECT

ALMADA

30/07/2018



Drawn by: Planner - Chart Properties

Dwg No. 00001

Revision No. A

Notes: Comment - Chart Properties

Project Ref. C:\Users\Utilizador\Documents\Asta Powerproject\Projects\Almada.pp

Planned by Asta Easyplan